Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE PLOMB TÉTRAÉTHYLE

Canada

avril 1985

86-03116/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LE PLOMB TÉTRAÉTHYLE

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
AVRIL 1985
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par la Section des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Tetraethyl lead
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986
N° de cat. En 48-10/42-1986F
ISBN 0-662-93658-2
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection "Enviroguide" a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Sigles	IX
	Définitions	X
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	4
3	**Production, transport et commerce**	9
3.1	Qualité et teneurs	9
3.2	Fabricants situés au Canada	9
3.3	Centres de production et transport	9
3.4	Volume de production	9
3.5	Fabrication industrielle	10
3.6	Principales utilisations au Canada	10
3.7	Principaux acheteurs au Canada	10
4	**Manutention du produit et compatibilité des matériaux**	11
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	11
4.1.1	Transport en vrac	11
4.1.1.1	Wagons-citernes	11
4.1.1.2	Véhicules-citernes routiers	13
4.1.1.3	Citernes amovibles	14
4.1.2	Récipients	14
4.2	Déchargement	15
4.2.1	Équipement et opérations de déchargement des wagons-citernes et des véhicules-citernes routiers	15
4.2.2	Spécifications et matériaux de fabrication de l'équipement de déchargement	16
4.3	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	17
5	**Fuite et migration du produit**	19
5.1	Aperçu général	19
5.2	Fuite du produit	19
5.2.1	Introduction	19
5.2.2	Nomogrammes de la fuite	20
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps	20
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	20
5.2.3	Exemples de calcul	20
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	22
5.3.1	Introduction	22
5.3.2	Nomogrammes de la diffusion du panache de vapeurs	22
5.3.2.1	Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température	25
5.3.2.2	Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	25
5.3.2.3	Demi-largeur maximale du panache dangereux	28
5.3.2.4	Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé	30

5.3.3	Étapes du calcul	30
5.4	Comportement dans l'eau	34
5.4.1	Introduction	34
5.4.2	Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau	34
5.4.3	Exemple de calcul	35
5.5	Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol	40
5.5.1	Introduction	40
5.5.2	Migration du polluant dans un sol à capacité au champ	40
5.5.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	40
5.5.4	Types de sol	42
5.5.5	Nomogrammes de la migration	42
5.5.6	Exemple de calcul	47
6	**Protection de l'environnement**	48
6.1	Limites maximales admissibles	48
6.1.1	Qualités de l'eau	48
6.1.1.1	Situation en Amérique du Nord	48
6.1.1.2	Situation en Europe et en URSS	48
6.1.2	Qualités de l'air	48
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	48
6.2.1	Lignes directrices et objectifs	48
6.2.2	Évaluation de la toxicité	48
6.2.3	Mesures de la toxicité	49
6.2.4	Études sur la toxicité du plomb pour les espèces aquatiques	50
6.3	Toxicité pour le bétail, la volaille et les animaux domestiques	50
6.4	Toxicité pour les végétaux	51
6.5	Dégradation	51
6.6	Devenir et effets à long terme	52
7	**Protection de la santé**	53
7.1	Normes d'exposition	53
7.2	Données sur l'action irritante	54
7.2.1	Contact avec la peau	54
7.2.2	Contact avec les yeux	55
7.3	Données sur les propriétés organoleptiques	55
7.3.1	Odeur	55
7.3.2	Saveur	55
7.4	Études sur les effets toxiques	56
7.4.1	Inhalation	56
7.4.2	Ingestion	57
7.4.3	Administration par voie sous-cutanée	57
7.4.4	Peau	57
7.4.5	Mutagénicité, tératogénicité et cancérogénicité	58
7.5	Symptômes et conséquences de l'intoxication	58
7.5.1	Inhalation	58
7.5.2	Ingestion	59
7.5.3	Contact avec la peau	59
7.5.4	Contact avec les yeux	60
7.6	Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme	60
7.6.1	Plomb et plomb triéthyle	60
8	**Compatibilité chimique**	61
8.1	Compatibilité entre le plomb tétraéthyle et divers agents	61

9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	62
9.1	Mesures recommandées	62
9.1.1	Danger d'incendie	62
9.1.2	Moyens d'extinction	62
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversement	62
9.1.3.1	Information générale	62
9.1.3.2	Déversements sur le sol	62
9.1.3.3	Déversements dans l'eau	63
9.1.4	Nettoyage et traitement	63
9.1.4.1	Déversements dans l'eau	63
9.1.4.2	Information générale	63
9.1.5	Élimination du polluant	64
9.1.6	Appareils et vêtements de protection	64
10	**Cas d'accidents**	66
10.1	Information générale	66
10.2	L'incident du CAVTAT	66
11	**Identification et dosage du polluant**	67
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air	67
11.1.1	Chromatographie en phase gazeuse	67
11.2	Identification du polluant présent dans l'air	68
11.3	Dosage du polluant présent dans l'eau	68
11.3.1	Spectrométrie d'absorption atomique	68
11.4	Identification du polluant présent dans l'eau	69
11.5	Dosage du polluant présent dans le sol	69
11.5.1	Spectrophotométrie	69
11.6	Identification du polluant présent dans le sol	70
12	**Références et bibliographie**	71
12.1	Références	71
12.2	Bibliographie	76

LISTE DES FIGURES

1	Pression de vapeur en fonction de la température	7
2	Masse volumique du liquide en fonction de la température	7
3	Viscosité du liquide en fonction de la température	8
4	Diagramme de phases	8
5	Wagon-citerne de spécification 105A300W	12
6	Fût type	15
7	Wagon-citerne perforé dans le fond du réservoir	20
8	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé	21
9	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	21
10	Formation d'un panache de vapeurs	23
11	Étapes à suivre pour déterminer la zone dangereuse	24
12	Débit d'émission de vapeurs à différentes températures en fonction du rayon de la nappe	26
13	Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	27
14	Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé	31
15	Zone dangereuse maximale sous un vent invariable	33
16	Zone dangereuse maximale sous un vent variable	33
17	Vitesse finale en fonction du diamètre équivalent de l'orifice	36
18	Temps de sédimentation en fonction de la vitesse finale	37
19	Distance parcourue en fonction du temps de sédimentation	38
20	Largeur de la zone polluée en fonction du diamètre équivalent de l'orifice	39
21	Migration dans le sol	41
22	Plan d'utilisation des nomogrammes	43
23	Migration dans un sable grossier	44
24	Migration dans un sable limoneux	45
25	Migration dans un till argileux	46

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de la conversion	6
2	Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour le transport du plomb tétraéthyle	11
3	Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 105A300	13
4	Caractéristiques des véhicules-citernes de spécification TC331	14
5	Caractéristiques des citernes amovibles de spécification TC51	14
6	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	17
7	Catégories météorologiques (de stabilité)	28
8	Demi-largeur maximale du panache dangereux de vapeurs de plomb tétraéthyle	29

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
B	Périmètre mouillé
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.*	Dose létale minimale
DL 50*	Dose létale moyenne
DT min.	Dose toxique minimale
et coll.	Et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
h	Hauteur
IDLH*	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	Jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
K_0	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	Litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
M	Molaire
MAK*	Teneur maximale admissible
MAK-D*	Teneur maximale admissible
MAK-K*	Teneur maximale admissible - courte durée
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK*	Teneur maximale d'immission
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse moléculaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
N	Normal
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL*	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL*	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._a$	Température ambiante
$temp._c$	Température critique
TE 50*	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50*	Teneur inhibitrice moyenne
TLm*	Tolérance moyenne
TL min.*	Teneur létale minimale

TL 50*	Teneur létale moyenne
TLV**	*Threshold Limit Value*
TLV$^{\bullet}$ -C*	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.*	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
vol.	Volume
°Bé	Degré Baumé
°C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
~~W~~	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

---

* Les abréviations suivies d'un astérique sont expliquées dans la section Définitions.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CAS	Chemical Abstracts Service Registry System
CBG	Chemical Buyer's Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code (Amérique du Nord)

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection "Enviroguide". Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. - Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. - Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. - Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. - Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. - Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. - La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. - Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* - Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. - Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un "récepteur" qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. - En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. - Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. - Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV - *Short Term Exposure Limit).* - Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. - Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. - Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV® -C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. - La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). - Rapport de la masse d'une substance dissoute

à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV® -C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* - Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. - Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

1 RÉSUMÉ

Plomb tétraéthyle ($Pb(C_2H_5)_4$)

Liquide huileux; incolore à l'état pur, mais les mélanges commerciaux peuvent être colorés en rouge, orange ou bleu.

Synonymes

Tétraéthyl-plomb, TEL, antidétonant pour essence, PTE

Numéros d'identification

UN1649; CAS 78-00-2; OHM-TADS 7216922; STCC 4921484

Qualités et teneurs

La majeure partie du plomb tétraéthyle est vendue sous forme d'additif antidétonant pour essence, qui contient environ 62 p. 100 de plomb tétraéthyle, 18 p. 100 de dibromure d'éthylène, 18 p. 100 de dichlorure d'éthylène et environ 2 p. 100 de colorants, solvants et antioxydants.

Dangers immédiats

Incendie: combustible. Si le produit atteint la température de décomposition, il y a dégagement de vapeurs de plomb très toxiques.

Effets sur l'homme: très toxique. Poison en cas d'inhalation ou d'absorption cutanée.

Effets sur l'environnement: nocif à des teneurs faibles pour les espèces aquatiques.

Données relatives aux propriétés physiques

État (15 °C, 1 atm)	Liquide
Point d'ébullition	Se décompose avant le point d'ébullition, soit à environ 200 °C
Point de fusion	-130,2 °C
Inflammabilité	Combustible
Point d'éclair	93 °C (en vase clos)
Masse volumique	1,65 g/ml (20 °C)
Miscibilité à l'eau	0,8 à 2,0 mg/l (20 °C)
Comportement (dans l'eau)	Coule sans réagir
Comportement (dans l'air)	S'évapore lentement

Dangers pour l'environnement

Le plomb tétraéthyle est déjà toxique pour les espèces aquatiques à une teneur de 0,02 mg/l. Il

est plus toxique pour les espèces aquatiques, les végétaux et les animaux que la plupart des autres dérivés du plomb.

Dangers pour l'homme

Teneur maximale admissible (TLV•) établie par l'ACGIH: (absorption percutanée) 0,1 mg/m^3 (sous forme de Pb).

Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH) établie par le NIOSH: 3 ppm.

Effets en cas d'inhalation. - Irritation des voies nasales, tremblements, agitation, délire et convulsions.

Effets en cas de contact. - (Peau) Démangeaison; inflammation, ampoules. (Yeux) Irritation des yeux, inflammation des conjonctives. Une exposition à des doses très importantes peut être fatale.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès au lieu où s'est produit l'accident. Mettre en place un écriteau pour signaler que le produit est "POISON". Appeler le service d'incendie et avertir le fabricant. Évacuer la zone sous le vent. Éliminer les sources possibles d'inflammation, y compris les véhicules automobiles et les équipements divers. Arrêter l'écoulement et confiner le liquide déversé, si cela ne présente aucun danger. Éviter tout contact avec le liquide et ne pas inhaler les vapeurs qu'il dégage. Intervenir dos au vent. Empêcher toute eau polluée de pénétrer dans les égouts ou dans des cours d'eau. Couvrir la nappe de produit déversé, avec des suppresseurs de vapeurs (par ex. l'eau) de façon à minimiser l'évaporation.

• En cas d'incendie

Pour éteindre les flammes, utiliser de la mousse, de la poudre sèche, du dioxyde de carbone, ou encore de l'eau pulvérisée sous pression ou atomisée. Refroidir avec de l'eau les récipients exposés aux flammes. Se tenir éloigné des extrémités des citernes.

Mesures d'intervention d'urgence

• Plomb tétraéthyle répandu sur le sol

Construire des barrages pour confiner le produit déversé ou le diriger vers une zone de rétention imperméable. Récupérer le produit par des moyens manuels ou mécaniques. Adsorber tout liquide résiduel avec un sorbant naturel ou synthétique.

• Plomb tétraéthyle déversé dans l'eau

Contenir le produit déversé en creusant des cavités naturelles en eaux profondes, ou en aménageant des digues de sacs de sable ou des barrières naturelles. Récupérer le produit confiné avec des tuyaux d'aspiration.

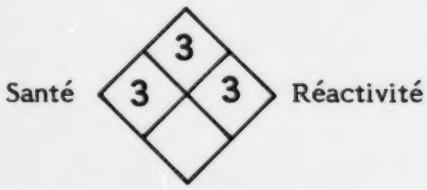
• Dégagement de vapeurs de plomb tétraéthyle

Recouvrir le produit déversé avec un suppresseur de vapeurs (de l'eau par exemple) pour minimiser l'évaporation.

Niveau de gravité du risque selon la NAS

N'a pas été établi

Évaluation du risque selon la NFPA



Champ inférieur vide: utiliser l'eau comme moyen d'extinction

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Remarques: Les propriétés présentées ci-dessous et tout au long de ce guide s'appliquent fort souvent au plomb tétraéthyle pur (PTÉ). La forme la plus courante est un mélange de PTÉ avec du dichlorure et du dibromure d'éthylène, qui sera appelé par la suite mélange PTÉ, ou encore mélange-moteur PTÉ et mélange-avion PTÉ.

Aspect	Liquide incolore à l'état pur; peut être coloré en rouge, orange ou bleu
État physique à l'expédition	Liquide
État d'agrégation (15 °C, 1 atm)	Liquide

Variables d'état

Point de fusion	-130,2 °C (Bell, 1978; Wilkinson, 1982)
Point d'ébullition	108,4 °C (7 kPa) (Bell, 1978) Se décompose avant ébullition, à la pression atmosphérique. Le point d'ébullition à la pression atmosphérique est évalué à 199 °C (Bell, 1978)
Température de décomposition	200 °C (CRC, 1980). La décomposition commence à la température de la pièce et s'accélère rapidement au-dessus de 100 °C (Wilkinson, 1982)
Pression de vapeur	0,036 kPa (20 °C) (Barry, 1973) 4,79 kPa (mélange-moteur PTÉ, à 20 °C) (Ethyl MSDS, 1972) 0,8 kPa (mélange-avion PTÉ, à 20 °C) (Ethyl MSDS, 1972)

Densités et masse volumique

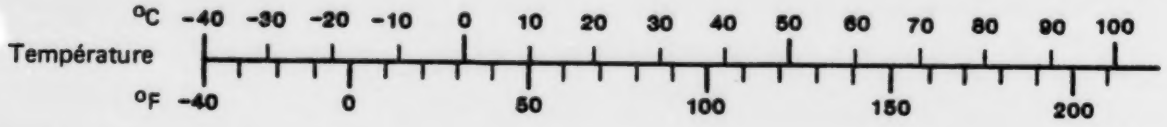
Masse volumique	1,650 g/ml (20 °C) (Wilkinson, 1982)
Densité relative	1,659° (11 °C) (CRC, 1980) 1,653 (20 °C) (Ullmann, 1975) 1,589 (mélange-moteur PTÉ à 20 °C) (Ethyl MSDS, 1972) 1,744 (mélange-avion PTÉ à 20 °C) (Ethyl MSDS, 1972)
Densité de vapeur	8,6 (Verschueren, 1984) 3,7 (moyenne pour les constituants du mélange PTÉ) (Ethyl MSDS, 1972)

Propriétés relatives à la combustion

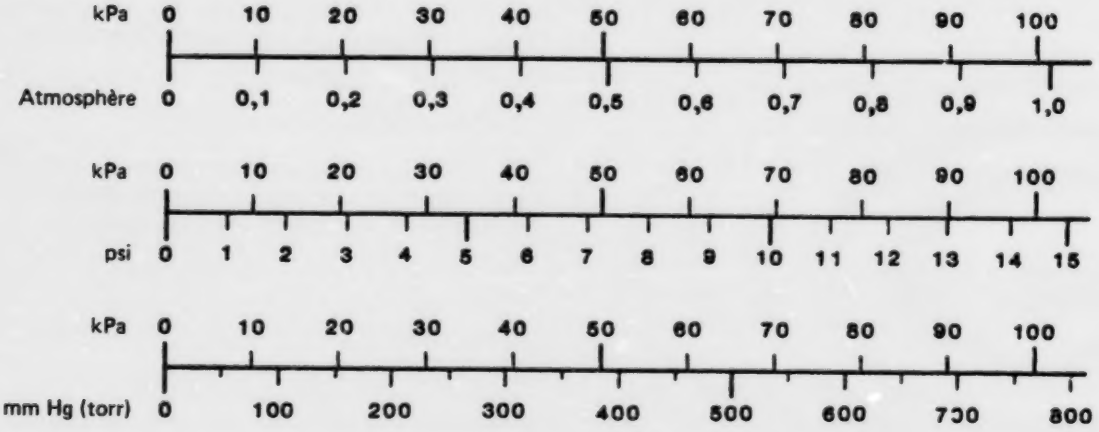
Inflammabilité	Liquides inflammables ou combustibles (NFPA, 1978)

Point d'éclair	
Coupe fermée	93 °C (NFPA, 1978)
Coupe ouverte	85 °C (Bell, 1978)
	> 118 °C (mélange PTÉ) (Ethyl MSDS, 1972)
Limite inférieure d'inflammabilité	1,8 % (vol./vol.) (NFPA, 1978)
Caractéristiques de combustion	Flamme orange à bord vert (Merck, 1976)
Chaleur de combustion	5920 kJ/mol (CHRIS, 1978)
Produits de combustion	Dioxyde de carbone, eau et plomb; le mélange PTÉ peut donner des oxydes, des halogénures et des oxyhalogénures de plomb (Bell, 1978)
Température de décomposition	200 °C (CRC, 1980)
Chaleur de décomposition	150 kJ/mol (Kirk-Othmer, 1981)
Comportement au feu	Si le produit atteint la chaleur de décomposition, il y a risque de réaction exothermique et d'explosion du récipient (NFPA, 1978)
Miscibilité	
Eau	Eau distillée: 0,8 mg/l (Pb) (20 °C) (Grove, 1980)
	Eau de mer: 2,0 mg/l (Pb) (20 °C) (Grove, 1980)
Autres produits courants	Soluble dans le benzène, l'éthanol et l'oxyde de diéthyle (éther ordinaire) (CRC, 1980)
Autres propriétés	
Masse moléculaire du corps pur	323,44 (CRC, 1980)
Composition caractéristique du mélange de qualité commerciale	61 p. 100 de plomb tétraéthyle (avec peut-être du plomb tétraméthyle), 18 p. 100 de dibromure d'éthylène et 18 p. 100 de dichlorure d'éthylène (DuPont MSDS; Ethyl MSDS, 1972)
Indice de réfraction	1,5195 (30 °C) (CRC, 1980)
Viscosité	0,864 mPa . s (20 °C) (Kirk-Othmer, 1981)
Tension superficielle avec l'air	28,5 mN/m (25 °C) (CHRIS, 1978)
Tension interfaciale avec l'eau (est.)	40 mN/m (20 °C) (CHRIS, 1978)
Chaleur latente de fusion	8,80 kJ/mol (au point de fusion) (Kirk-Othmer, 1981)
Chaleur latente de vaporisation	54,2 kJ/mol (CRC, 1980) 53,34 kJ/mol (Ullmann, 1975)
Chaleur de formation	53,1 kJ/mol (25 °C) (Sussex, 1977)
Potentiel d'ionisation	11,1 eV (Rosenstock, 1977)
Entropie molaire à pression constante	141-262 J/(mol . °C) (Kirk-Othmer, 1981)
Température critique	380 °C (CND, 1972)
Pression critique	2100 kPa (CND, 1972)

PLOMB TÉTRAÉTHYLE — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1 000 Pa



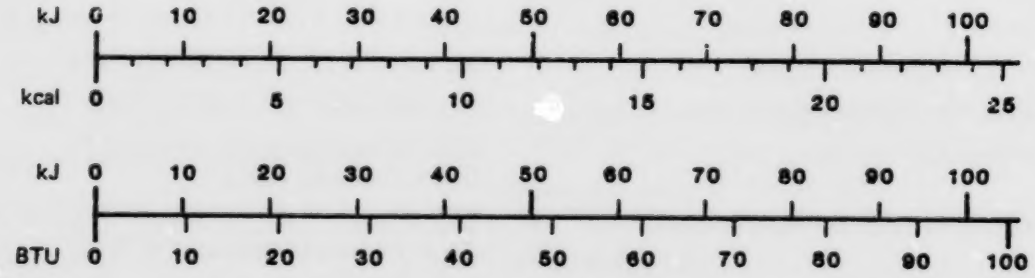
Viscosité

Dynamique — 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cPo)

Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1 000 J



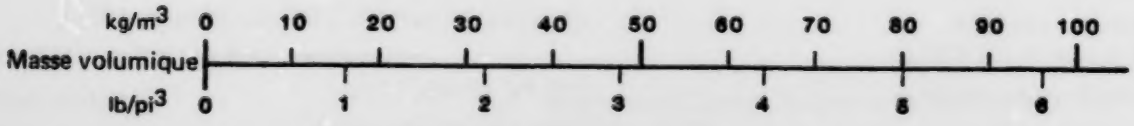


Figure 1

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

PRESSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: CHRIS, 1978

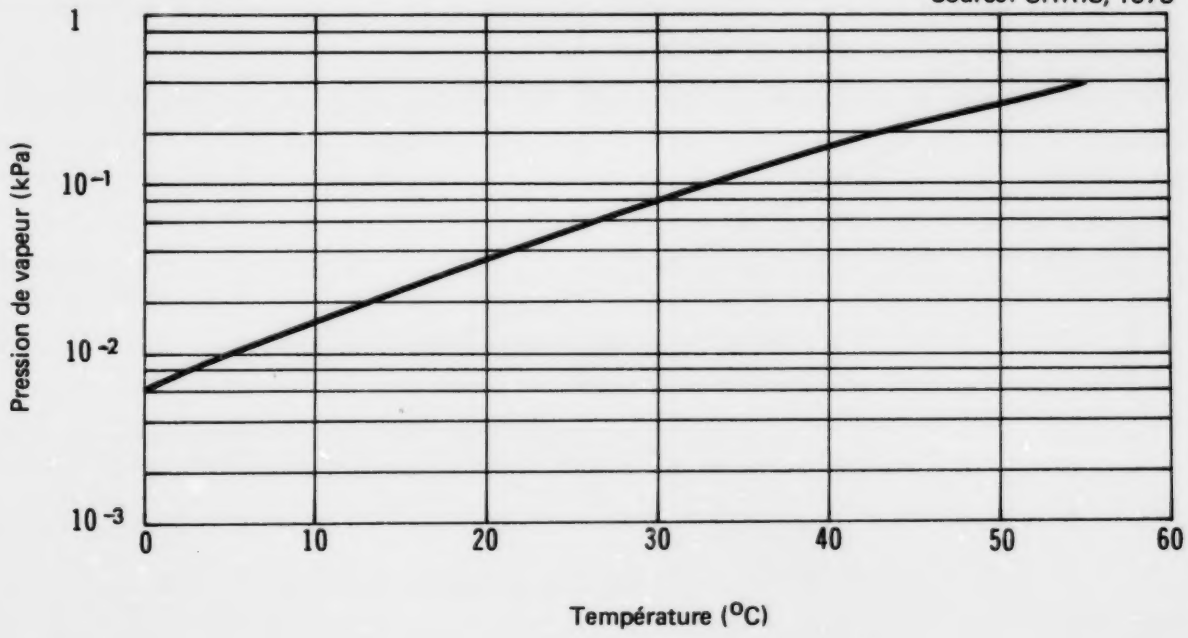


Figure 2

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

MASSE VOLUMIQUE DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: CHRIS, 1978

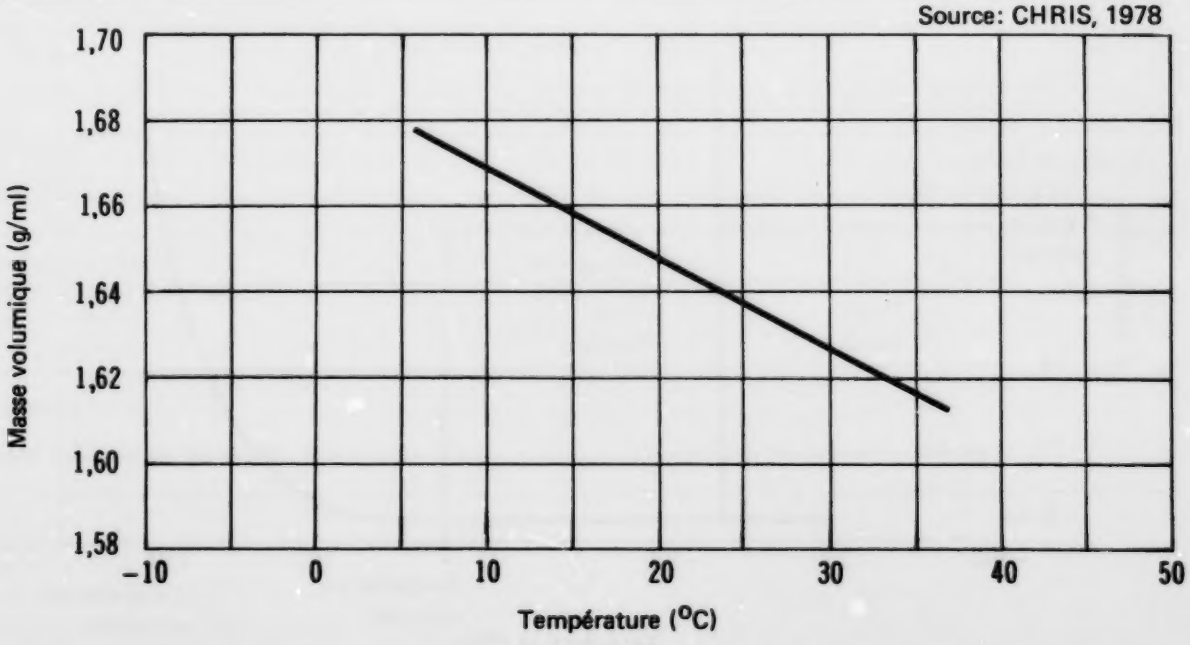


Figure 3

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

VISCOSITÉ DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: CHRIS, 1978

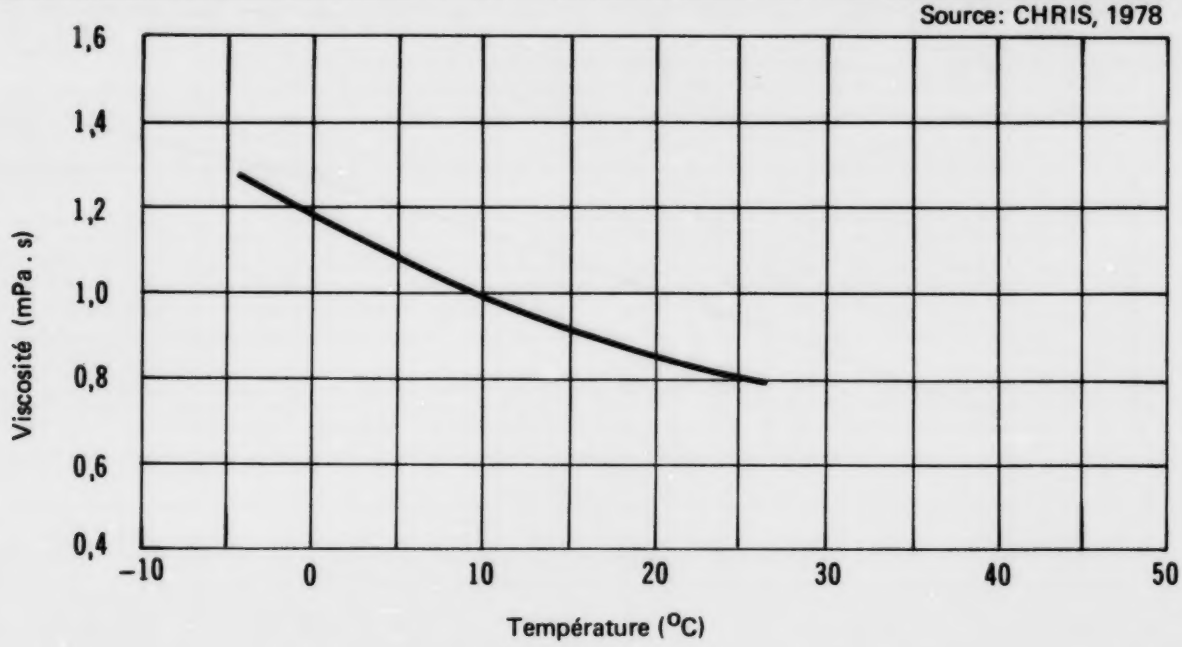
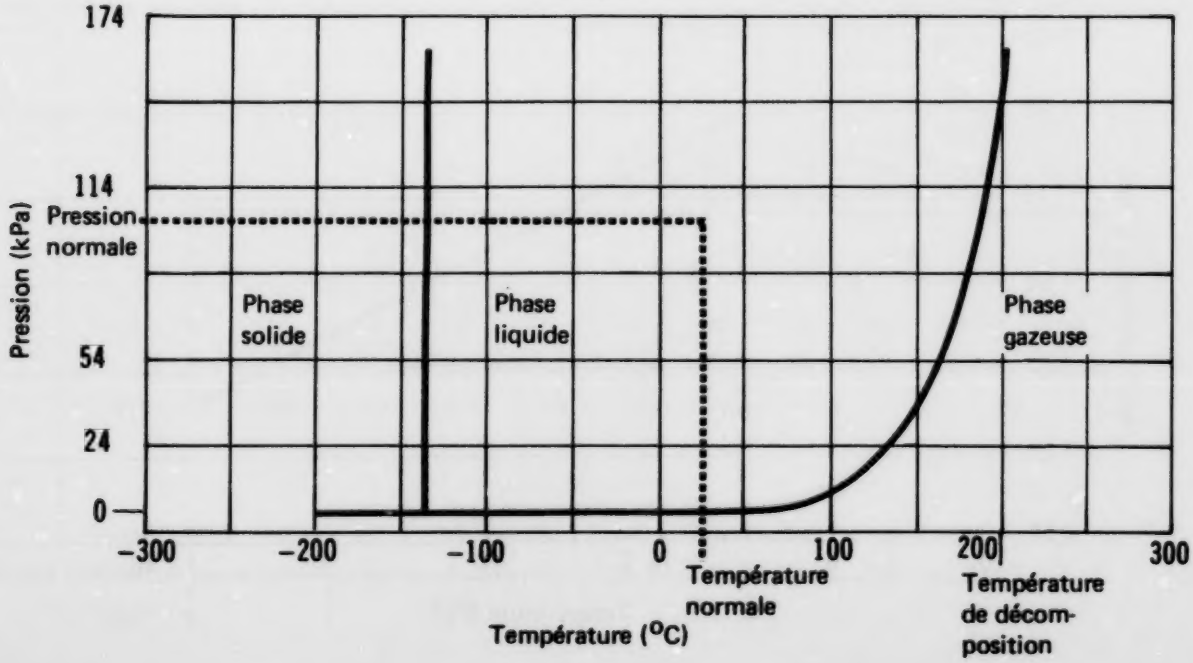


Figure 4

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

DIAGRAMME DE PHASES



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs

Il existe plusieurs qualités de plomb tétraéthyle (PTÉ). Le produit qualifié pur, qui est rarement mis en vente, est commercialisé dans des boîtes de 1 litre qui renferment au moins 99 p. 100 en poids de plomb tétraéthyle pur (Ethyl Corp.). La qualité la plus vendue est le mélange-moteur PTÉ, qui contient 61,5 p. 100 de PTÉ, 17,9 p. 100 de dibromure d'éthylène, 18,8 p. 100 de dichlorure d'éthylène et 1,8 p. 100 de colorant, solvants et anti-oxydants. Le mélange-avion PTÉ est moins courant. Il contient 61,5 p. 100 de PTÉ, 35,7 p. 100 de dibromure d'éthylène et 2,8 p. 100 de colorant, solvants et anti-oxydants.

3.2 Fabricants situés au Canada (Corpus, 1983; CBG, 1980; Scott, 1979)

Les adresses qui suivent sont celles du siège social des sociétés listées et non celles des services d'information en cas de déversement.

DuPont Canada, 555 boul. Dorchester Ouest, C.P. 6600, Montréal (QC) H3C 2V1, (514) 861-3861

Ethyl Canada Inc., 48 St. Clair Avenue West, Toronto (Ontario) M4V 1M7 (519) 962-1611

3.3 Centres de production et transport (Corpus, 1983; DuPont, 1982)

La production de plomb tétraéthyle est actuellement centralisée en Ontario, plus précisément à Maitland et Sarnia. Le produit est vendu directement aux raffineries de pétrole situées dans diverses provinces. Il est transporté principalement par wagons-citernes et véhicules-citernes. Le chapitre 4 donne de plus amples informations à ce sujet.

3.4 Volume de production (Corpus, 1983)

Capacité nominale de production comparée au total des approvisionnements

Société	Emplacement de l'usine	Capacité nominale (kt/an, 1982)
DuPont Canada	Maitland (Ont.)	15
Ethyl Corp. of Canada	Sarnia (Ont.)	22
Total		37
Production nationale (1982)		13
Importations (1982)		-
Total des approvisionnements		13

3.5 Fabrication industrielle (FKC, 1975)

Le plomb tétraéthyle (PTÉ) est obtenu par distillation d'un alliage de plomb-sodium, selon la réaction suivante:

$$4NaPb + 4C_2H_5Cl \rightarrow (C_2H_5)_4Pb + 3Pb + 4NaCl$$

Cette réaction peut être catalysée par divers composés carbonylés, hydroxylés et par des amines. L'alliage est introduit dans le réacteur avec un excès de chlorure d'éthyle, et la réaction se fait entre 1,6 et 2,1 MPa (230 - 300 psi) et à 110 - 150 °C. Dans ces conditions, la réaction est complète en l'espace de quelques minutes; la masse réactionnelle est ensuite distillée à la vapeur pour séparer le PTÉ et le chlorure d'éthyle. La masse solide restante, constituée de plomb (3/4 du plomb nécessaire n'est pas utilisé) et de chlorure de sodium formés lors de la synthèse est lavée à l'eau pour séparer le sel; le plomb est ensuite séché et recyclé pour la fabrication d'alliage de plomb-sodium. Le chlorure d'éthyle en excès est séparé du PTÉ, purifié et recyclé; le PTÉ est purifié par traitement à l'aide d'oxydants dilués. Du sel et des hydrocarbures formés par réaction de Wurtz sont des sous-produits de ce procédé.

3.6 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1983)

Le plomb tétraéthyle est principalement utilisé comme additif antidétonant des essences. En 1983, toute la production canadienne a servi comme tel.

3.7 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1983)

Chevron Standard, Vancouver (C.-B.)
Golden Eagle, Saint-Romuald (Québec); Holyrood (Terre-Neuve)
Gulf Canada, Toronto (Ontario)
Husky Oil, Lloydminster (Alberta)
Imperial Oil, Sarnia (Ontario); Edmonton (Alberta); Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Irving Oil, St. John (Nouveau-Brunswick)
Pétro-Canada, Montréal (Québec); Trafalgar (Ontario)
Shell Canada, Sarnia (Ontario); Edmonton (Alberta)
Sunoco, Sarnia (Ontario)
Texaco Canada, Don Mills (Ontario); Dartmouth (Nouvelle-Écosse); Edmonton (Alberta)
Ultramar, Saint-Romuald (Québec)

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ DES MATÉRIAUX

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. - Le plomb tétraéthyle est transporté en vrac dans des wagons-citernes, des véhicules-citernes routiers et des citernes amovibles spéciales.

4.1.1.1 Wagons-citernes. - Le plomb tétraéthyle est transporté dans des wagons-citernes de spécification 105A300. Ce type de wagon est illustré à la figure 5 et doit se conformer aux spécifications données dans le tableau 2. Le tableau 3 donne une description détaillée de ces wagons. Ceux-ci sont plus petits que ceux généralement utilisés pour le transport de la plupart des autres produits, en raison surtout du petit volume requis par les utilisateurs. Les wagons avec réservoir d'une capacité de 12 000 l (2600 gal) et 24 000 l (5300 gal) sont les plus utilisés (CCPA, 1983).

Tableau 2
Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour le plomb tétraéthyle

Numéro	Description
105A300W	Citerne en acier soudée par fusion, avec trou d'homme. Isolée. Organe de vidange par le haut exigé. Organe de vidange par le bas ou orifice de purge interdits. Pression d'essai: 2070 kPa (300 psi).

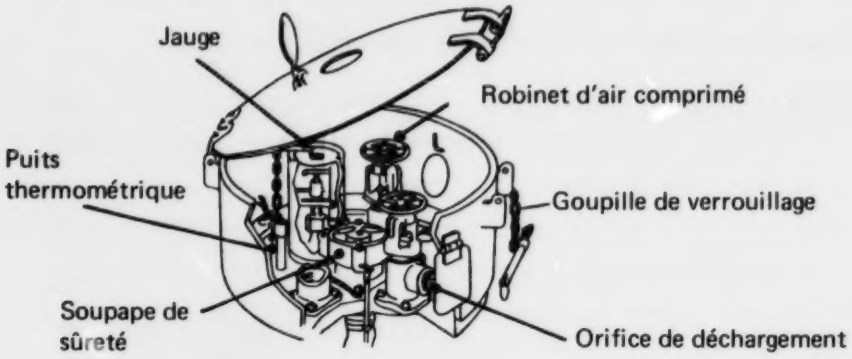
Les citernes sont déchargées par le haut au moyen d'une pompe ou d'air comprimé. Le plomb tétraéthyle est retiré par un tube plongeur raccordé à un robinet de vidange de 51 mm (2 po), tube qui débouche sur la plate-forme supérieure (TCM, 1979).

Une pression de 138 kPa (20 psi) est appliquée par un robinet d'admission d'air de 25 mm (1 po) de diamètre en général. Les viroles de la citerne sont en alliage de nickel ou en acier A283, qualité C, nickelé. Ne pas remplir la citerne en entier afin de laisser un volume libre suffisant compte tenu de l'expansion du liquide à 55 °C (TDGC, 1980). Les wagons-citernes doivent être équipés d'une soupape de sécurité homologuée ou d'un disque de rupture précédant une soupape de sûreté à ressort. Dans ce cas, un manomètre est requis. La pression maximale permise pour les wagons-citernes de spécification 105A300W est de 1380 kPa (200 psi) (RTDCR, 1974).

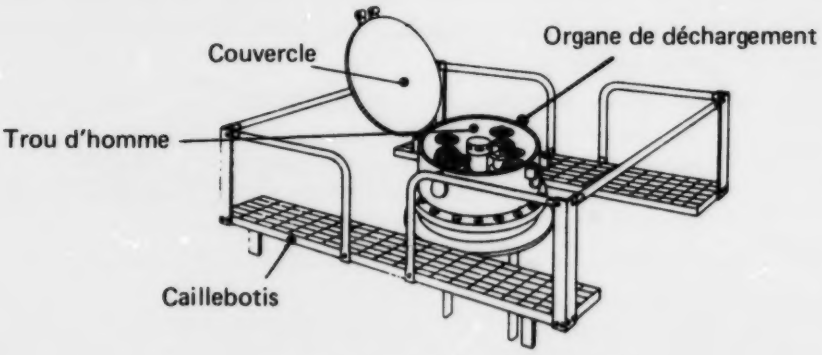
Figure 5

PLOMB TÉTRAÉTHYLE — WAGON-CITERNE DE SPÉCIFICATION 105A300W

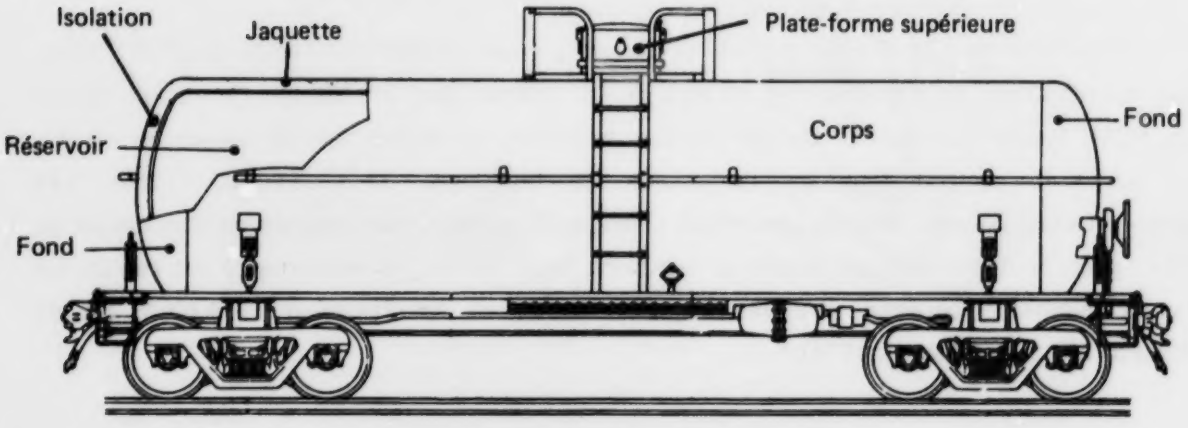
Sources: TCM, 1979; RTDCR, 1974



Détail de l'organe de vidange



Détail de la plate-forme supérieure



Principaux éléments du wagon-citerne

Tableau 3
Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 105A300W (TCM, 1979; RTDCR, 1974)

Description	Capacité nominale de la citerne (gal imp.)	
	2600	5300
Structure		
Capacité nominale	12 000 l (2600 gal)	24 000 l (5300 gal)
Tare	28 500 kg (62 800 lb)	40 800 kg (90 000 lb)
Masse brute	80 300 kg (177 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)
Citerne		
Matériau	Acier	Acier
Épaisseur	17,5 mm (11/16 po)	17,5 mm (11/16 po)
Diamètre int.	1,5 m (60 po)	2,0 m (77 po)
Pression d'essai	2070 kPa (300 psi)	2070 kPa (300 psi)
Pression d'éclatement	51 700 kPa (750 psi)	51 700 kPa (750 psi)
Dimensions approximatives		
Longueur avec organes d'attelage	11 m (37 pi)	12 m (40 pi)
Longueur avec pylônes de choc	10 m (35 pi)	11 m (37 pi)
Longueur entre pivots de bogie	7 m (24 pi)	8 m (27 pi)
Hauteur jusqu'au sommet du caillebotis	3 m (11 pi)	3 m (11 pi)
Hauteur hors-tout	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Largeur hors-tout	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2 à 3 m (7 à 10 pi)	2 à 3 m (7 à 10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5 à 2 m (5 à 6 pi)	1,5 à 2 m (5 à 6 pi)
Chargement/déchargement		
Raccords robinets, soupapes	51 mm (2 po) relié à un clapet de retenue de 76 mm (3 po); orifice de vidange de 6 mm (1/4 po)	
Jaugeage	Mécanisme de jauge à flotteur et puits thermométrique	
Dispositifs de sûreté	Soupape de sûreté réglée à 1550 kPa (225 psi)	
Isolation	51 à 152 mm (2 à 6 po) de fibre de verre	

4.1.1.2 Véhicules-citernes routiers. - Pour le transport routier du plomb tétraéthyle, on utilise des semi-remorques tractées qui doivent se conformer à la spécification TC331 de Transports Canada (voir tableau 4). La citerne doit être en acier sans soudure ou soudée, de construction et conception conformes au code de l'ASME. Le traitement thermique après soudage sera conforme au code de l'ASME (TDGC, 1980).

Tableau 4
Caractéristiques des véhicules-citernes de spécification TC331

Numéro	Description
TC331 (ou MC331)	Citerne d'acier soudée ou sans soudure. Conception et construction conformes au code ASME. Une ouverture avec capot protecteur et couvercle de trou d'homme. Pression nominale maximale: 3450 kPa (500 lb/po^2). Isolation. Traitement thermique après soudure, conformément au code ASME. Dispositif de jaugeage interdit. Pression nominale minimale: 1030 kPa (150 lb/po^2).

Les soupapes de sécurité doivent être montées de façon à communiquer directement avec la phase gazeuse de la citerne. Les soupapes sont de conception et de construction identiques à celles décrites pour les wagons-citernes.

4.1.1.3 Citernes amovibles. - Le plomb tétraéthyle est parfois transporté en petites quantités dans des citernes amovibles qui doivent être conformes à la spécification TC51 de Transports Canada (voir tableau 5) (TDGC, 1980). La capacité et le poids des citernes sont fonction des besoins de l'utilisateur. Les dispositifs de déchargement sont identiques à ceux installés sur les wagons-citernes et les véhicules-citernes routiers.

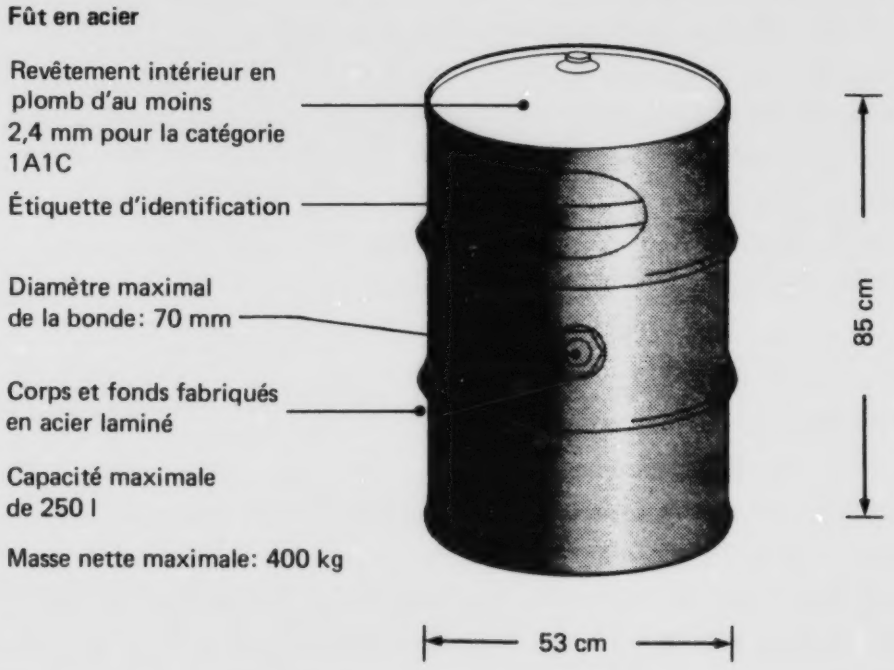
Tableau 5
Caractéristiques des citernes amovibles de spécification TC51

Numéro	Description
TC51	Citerne en acier soudée ou en acier sans soudure, ou combinaison des deux. Capacité minimale en eau de la citerne: 455 kg (1000 lb). Épaisseur minimale des parois et des têtes de la citerne: 5 mm (3/16 po). Conception et construction conformes au code ASME. Le traitement thermique après soudage de la citerne soudée par fusion ainsi que des accessoires permanents est obligatoire. Tous les joints doivent être radiographiés pour assurer une solidité maximale telle que prescrite par le code ASME. Pression nominale minimale: 690 kPa (100 psi). Pression nominale maximale: 3450 kPa (500 psi).

4.1.2 Récipients. - Le plomb tétraéthyle peut également être transporté dans des fûts en acier de spécification 5 ou 5A (RTDCR, 1974). La figure 6 présente un fût en acier de ce type.

Figure 6

PLOMB TÉTRAÉTHYLE — **FÛT TYPE**



Il arrive que le produit soit conditionné dans des bonbonnes de verre placées dans des boîtes ou dans des emballages de polyéthylène expansé, ou encore dans des caisses en bois doublées et cerclées (TDGC, 1980). La capacité maximale des bonbonnes est de 49,2 l (10,8 gal); le poids brut maximal des caisses en bois cerclées est de 181 kg (339 lb) (TDGC, 1980).

4.2 Déchargement

4.2.1 Équipement et opérations de déchargement des wagons-citernes et des véhicules-citernes routiers. - Avant de procéder au déchargement, certaines précautions s'imposent (TCM, 1979):

- S'assurer que le réservoir de stockage à évent peut recevoir tout le contenu du wagon-citerne;
- Les employés *ne doivent en aucun cas* pénétrer dans le wagon-citerne;
- Les freins doivent être serrés, les roues, calées, les dérailleurs, installés et les écriteaux d'avertissement mis en place;

- Le poste de déchargement doit comporter un quai de service sécuritaire.

Si le produit est transvasé au moyen d'air comprimé, procéder comme suit (TCM, 1979):

- Ouvrir le couvercle du trou d'homme, raccorder la conduite de déchargement de 51 mm (2 po) à l'orifice de vidange et raccorder le tuyau à air comprimé de 25 mm (1 po). Pour le déchargement abaisser la pression d'air à 138 kPa (20 psi). Une soupape de sûreté qui réduira la pression à 159 kPa (23 psi) doit être installée sur le tuyau d'air comprimé.
- Après avoir ouvert le robinet d'admission, on peut ouvrir le robinet de déchargement du produit;
- Lorsque la citerne est vide, fermer le robinet d'admission d'air et ouvrir le robinet purgeur pour détendre la pression au niveau de la pression atmosphérique;
- Pour fermer la citerne, procéder aux mêmes opérations dans le sens inverse.

Pour le transvasement à l'aide d'une pompe, raccorder la pompe côté aspiration à l'orifice de vidange de 51 mm (2 po). L'évent de la citerne doit être ouvert pour empêcher la formation d'un vide dans la citerne.

4.2.2 Spécifications et matériaux de fabrication de l'équipement de déchargement. - Les divers éléments de l'équipement type de déchargement du plomb tétraéthyle, dont il est ici question, comprennent les conduites, les raccords, les flexibles, la robinetterie, les garnitures, les pompes et les réservoirs de stockage. Les données valent pour des températures et des pressions normales.

Les conduites et les raccords devraient être en acier au carbone de la nomenclature 40, sans soudure, spécification A106 de l'ASTM. Il faut utiliser des raccords à brides (ceux utilisés pour l'ammoniaque conviennent, p. ex.) de préférence soudés. Le recuit de détente au point de soudure permet de prolonger la durée de service de la tuyauterie. L'étanchéité de la conduite de vidange, assemblée et prête à utiliser, devra être éprouvée avec de l'eau à des pressions de 345 à 518 kPa (50 à 75 psi), et toutes les fuites seront soigneusement colmatées.

La tuyauterie de vidange a généralement un diamètre de 51 mm (2 po), diamètre standard des raccords de vidange des wagons-citernes utilisés pour le plomb tétraéthyle. Néanmoins,elle peut être d'à peu près n'importe quel diamètre bien qu'un diamètre inférieur à 25 mm (1 po) n'est pas recommandé. Les sections extérieures doivent être du type à purge automatique. Les tronçons souples de la tuyauterie de transvasement peuvent être constitués de flexibles spécialement conçus ou de conduites rigides munies de joints tournants à rotule ou de joints à presse-garniture, dont le rendement est satisfaisant s'ils sont bien entretenus (GF).

On recommande des robinets à membrane en fonte ou en acier moulé, garni de polyéther chloré (DPLV, 1972). Les joints en Viton peuvent être utilisés dans les plages de température normales (Dow PPS, 1972). Une pompe aspirante centrifuge à simple ouïe et à entraînement

magnétique, sans joint, dont l'extrémité d'admission est en acier inoxydable 316, donne de bons résultats. Le plomb tétraéthyle est habituellement stocké dans des réservoirs en acier à parois soudées. Ces réservoirs peuvent être doublés d'un revêtement résistant ou être nickelés.

4.3 Compatibilité entre le produit et certains matériaux

La compatibilité entre le plomb tétraéthyle et certains matériaux de fabrication est indiquée dans le tableau 6. Le mode d'évaluation des matériaux est décrit brièvement ci-dessous.

Recommandé: Le matériau donnera un rendement satisfaisant pour l'utilisation indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration pour l'utilisation indiquée; il peut convenir pour une utilisation intermittente ou de courte durée.

Déconseillé: L'utilisation indiquée causera une grave détérioration du matériau; l'emploi du matériau est donc déconseillé.

Remarque: un certain nombre de matières plastiques, bien qu'apparaissant sous la rubrique "avec réserves" dans le tableau 6, sont recommandées par certains fabricants. Nous ne les avons pas considérées comme tel dans le présent guide pour un service planifié et prolongé. La plupart des matières plastiques absorbent plus ou moins le PTÉ, et par conséquent elles se détérioreront à l'usage. Nous émettons les mêmes réserves en cas d'utilisation occasionnelle car le matériau sera pollué par le plomb tétraéthyle et les équipements devront être détruits.

Tableau 6
Compatibilité entre le plomb tétraéthyle et certains matériaux de fabrication

Utilisation	Teneur	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords		23		PVC II (DPPED, 1967)	
		24		PVC I (MWPP, 1978)	
		60		PVC I (DPPED, 1967)	
		107		Polyéther chloré (DCRG, 1980)	
		135		PVDF (DCRG, 1980)	

Utilisation	Teneur	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
	La plupart	La plupart	Acier au carbone Acier inoxydable		ABS Polyéthylène (MWPP, 1978)
2. Pompes			Avec raccords en bronze ou tout en fer (HIS, 1969)		
3. Autres	Techniquement pur	20		Polychlorure de vinyle non plastifié, Polyéthylène, Polypropylène, Polyoxyméthylène, butadiène-acrylonitrile (Nitrile, Buna-N), butyle, EPDM, Néoprène, caoutchouc fluoré (Viton), Polyéthylène chlorosulfonaté (Hypalon) (GF)	Caoutchouc
		22		PVC, CPVC (TPS, 1978)	
		121		PVDF (TPS, 1978)	
	La plupart	La plupart		Acier inoxydable	

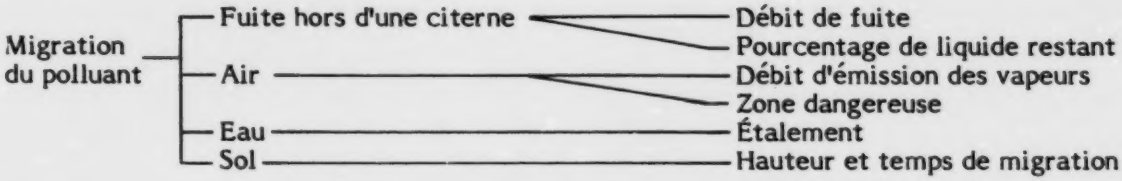
PVDF = Polyfluorure de vinylidène
EPDM = Terpolymère d'éthylène-propylène-diène
CPVC = Polychlorure de vinyle chloré
ABS = Plastique à base d'acrylonitrile-butadiène-styrène

5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Si du plomb tétraéthyle est déversé dans l'eau, il coule et s'étale sur le fond. Déversé sur le sol, il s'étale à la surface puis pénètre dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. La migration du liquide jusqu'à la nappe phréatique constitue un danger pour l'environnement. Le plomb tétraéthyle étant assez volatil, les vapeurs qui se dégagent d'une nappe liquide à la surface du sol constituent également un danger pour l'environnement.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a migration de plomb tétraéthyle dans l'air, l'eau ou le sol.



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques, en prévision du pire. Suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits dans les pires scénarios à partir d'hypothèses cohérentes.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. - Le plomb tétraéthyle est habituellement transporté dans des wagons-citernes, à la pression atmosphérique. Comme la capacité des wagons-citernes peut varier énormément, les nomogrammes des fuites préparés pour la présente collection sont établis en fonction d'une citerne de 80 000 l, mesurant environ 2,75 m de diamètre sur 13,4 m de longueur. Il est à noter que les wagons-citernes qui servent habituellement à transporter le plomb tétraéthyle ont une capacité de 12 000 l ou 24 000 l, c'est-à-dire 15 et 30 p. 100 de la capacité du wagon-citerne type. En première approximation, les valeurs calculées pour ce dernier pourront être réduites proportionnellement.

Si la tôle inférieure d'un réservoir rempli de plomb tétraéthyle est perforée, tout le liquide s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Grâce aux nomogrammes, on pourra facilement calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide en fonction du temps. Comme les citernes ne sont pas sous pression et que le plomb tétraéthyle est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré pour la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice qui serait situé au-dessus du niveau du liquide.

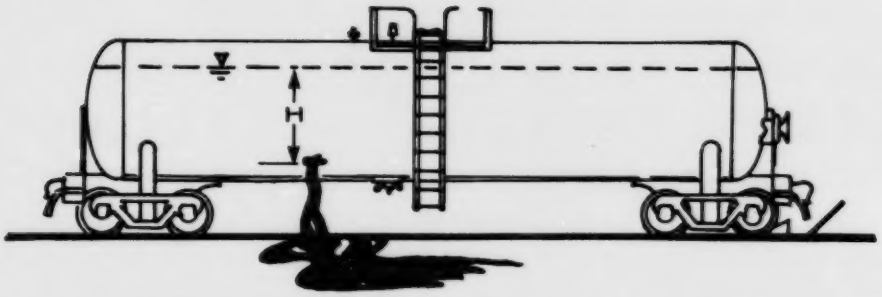


Figure 7 WAGON-CITERNE PERFORÉ DANS LE FOND DU RÉSERVOIR

5.2.2 Nomogrammes de la fuite

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé. - La figure 8 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment de la perforation et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type contient 80 000 litres de liquide et qu'il est plein au moment de la perforation. Le volume de liquide restant, après un temps *t* écoulé donné, n'est pas seulement fonction du débit de fuite, mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps écoulé. - La figure 9 permet d'évaluer à tout instant le débit de fuite après un temps *t* écoulé donné, en fonction de diamètres équivalents donnés.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu perforation d'un wagon-citerne type rempli de plomb tétraéthyle. L'orifice est situé dans le bas de la citerne, au-dessous du niveau du liquide. Son diamètre équivalent est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 minutes? Solution (voir figure 8): si t = 10 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 800 l) du volume initial. *Note*: S'il s'agit d'une citerne de 24 000 l, il ne reste que 8600 l (36 p. 100 de 24 000 l) d'après une première approximation.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané 10 minutes après la perforation? Solution (voir figure 9): si t = 10 mn et D = 150 mm, le débit instantané q = 70 l/s. *Note*: Dans le cas d'un wagon-citerne de 24 000 l, une première approximation donnerait 25 l/s (36 p. 100 de 70 l).

Figure 8

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

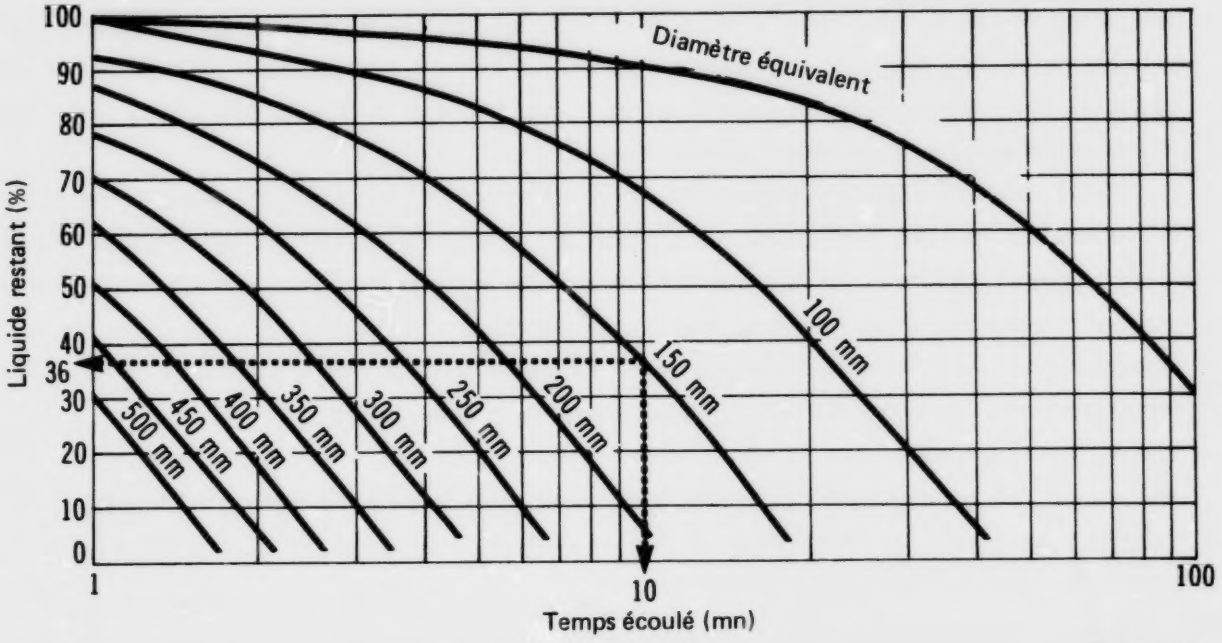
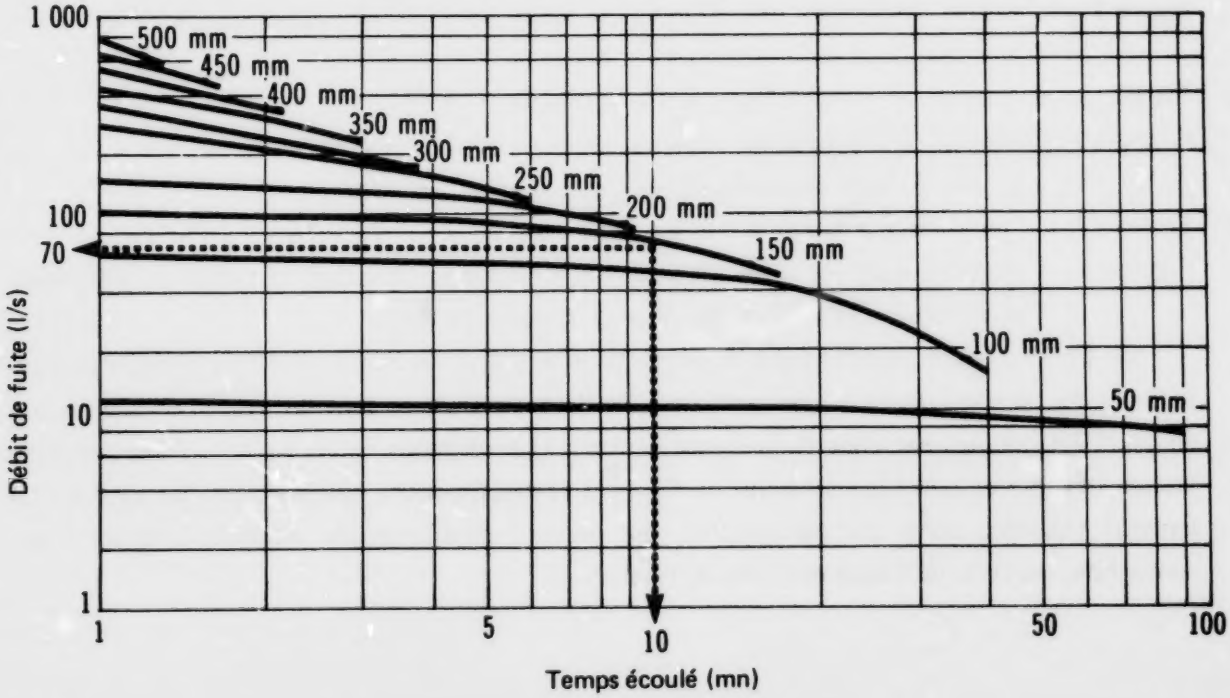


Figure 9

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

DÉBIT DE FUITE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



5.3 Diffusion dans l'atmosphère

5.3.1 Introduction. - Comme le plomb tétraéthyle est relativement peu volatil, une fuite de vapeurs dans l'atmosphère à partir d'un orifice dans la paroi d'une citerne ne présente aucun danger important du côté sous le vent. Il ne sera question dans le présent ouvrage que des vapeurs émises par une nappe de liquide répandu sur le sol. Pour modéliser les vapeurs émises lors d'un déversement dans l'eau, il faut tenir compte que le plomb tétraéthyle n'est pas miscible à l'eau et qu'il est plus dense que l'eau.

Pour évaluer les teneurs en polluant du côté sous le vent par rapport au lieu de l'accident et déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité ou de l'inflammabilité, il faut modéliser le transport et la diffusion (turbulente) des vapeurs dans l'atmosphère. Les modèles utilisés supposent une répartition gaussienne des teneurs au sein du panache; ce sont les plus répandus pour la prévision des teneurs en polluants. (Le lecteur trouvera de plus amples renseignements à ce sujet dans le *Manuel d'introduction Enviroguide.*)

La figure 10 schématise la diffusion d'un panache polluant émis en continu par une aire source. Le modèle de diffusion assimile l'aire source, soit la nappe de liquide, à un point source théorique (possédant le même débit d'émission de vapeurs q), situé en amont, à une distance équivalant à dix fois le rayon de la nappe.

5.3.2 Nomogrammes de la diffusion du panache de vapeurs. - Les nomogrammes de la diffusion atmosphérique du panache servent à déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité et de l'inflammabilité. Les nomogrammes, figures et tableaux présentés ci-dessous apparaissent dans l'ordre dans lequel ils doivent être utilisés.

Figure 12 Débit d'émission des vapeurs se dégageant d'une nappe liquide, calculé en fonction du rayon maximal de la nappe

Tableau 6 Catégories météorologiques (de stabilité)

Figure 13 Teneur uniformisée en vapeurs, calculée en fonction d'une distance donnée sous le vent et pour différentes catégories météorologiques

Tableau 7 Demi-largeur maximale du panache dangereux

Figure 14 Distance parcourue par le panache, calculée en fonction du temps écoulé depuis le déversement et pour différentes vitesses de vent

La figure 11 indique les étapes à suivre dans le calcul de la diffusion des vapeurs et dans le choix des nomogrammes et des tableaux à utiliser. En fait, ce sont les étapes encadrées par un pointillé qui servent dans la présente section. (Les données relatives au volume total de liquide déversé et au rayon de la nappe figurent respectivement aux sections 5.2 et 5.4.) Le lecteur trouvera dans les paragraphes qui suivent l'information relative à chacun des nomogrammes de la diffusion et à son utilisation.

Figure 10

PLOMB TÉTRAÉTHYLE — **FORMATION D'UN PANACHE DE VAPEURS**

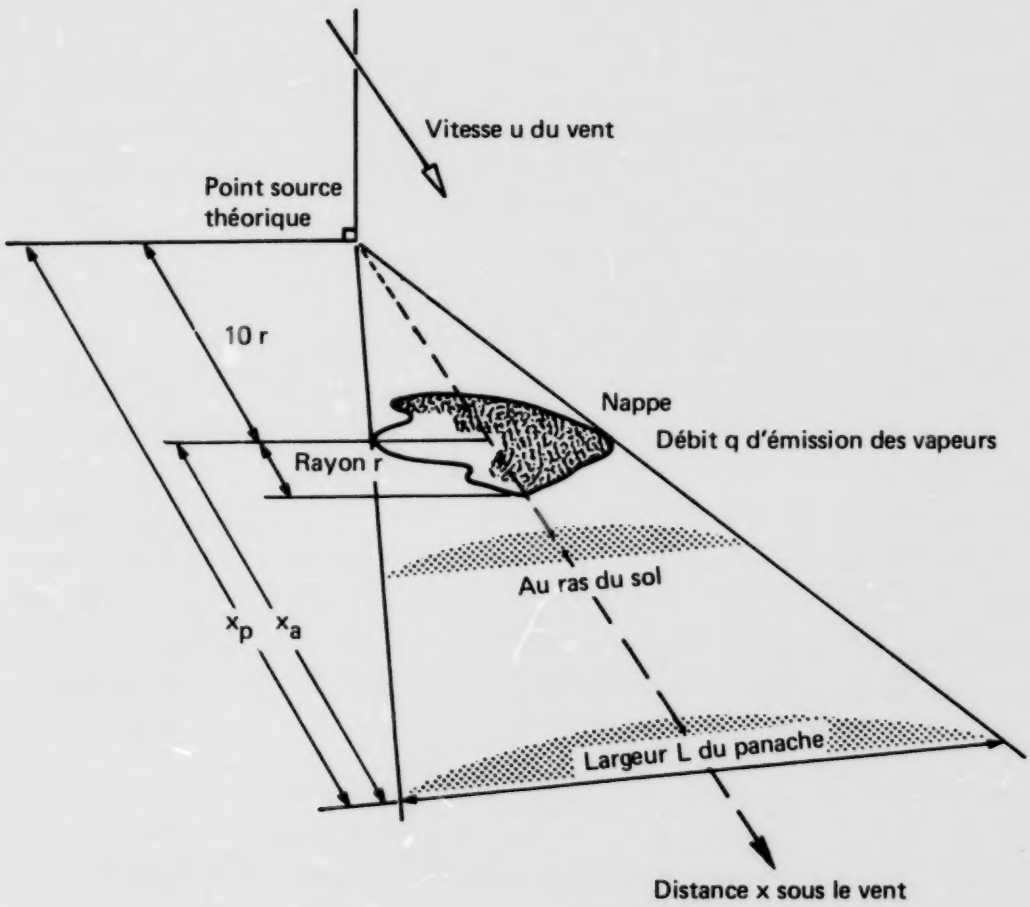
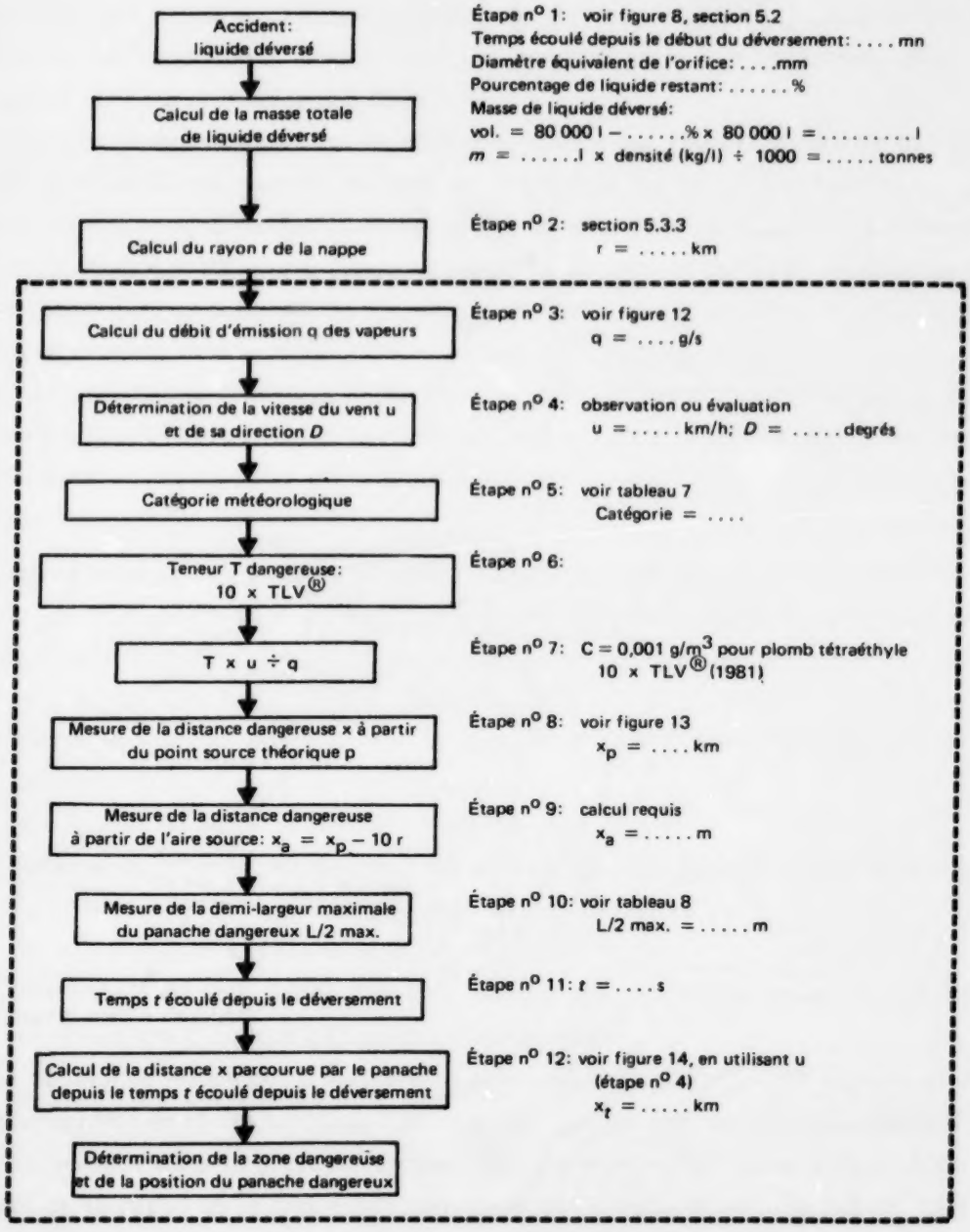


Figure 11

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

ÉTAPES À SUIVRE POUR DÉTERMINER LA ZONE DANGEREUSE



5.3.2.1 Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température. - Le *Manuel d'introduction Enviroguide* fournit des équations sur la vitesse d'évaporation permettant de calculer la vitesse d'évaporation propre au plomb tétraéthyle. À une température de 20 °C et sous un vent de 4,5 m/s (16,1 km/h), cette vitesse est de 0,032 g/(m^2s). D'autres vitesses ont été calculées à l'aide d'une équation qui, pour un vent donné, tient compte de la température ambiante et de la tension de vapeur du plomb tétraéthyle (CHRIS, 1978) à cette température. Ainsi, pour un vent dont la vitesse est de 4,5 m/s, la vitesse d'évaporation est de 0,006 g/(m^2s) à 0 °C, alors qu'elle est de 0,06 g/(m^2s) à 30 °C.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

Pour une nappe de rayon connu, le débit q d'émission des vapeurs dans l'atmosphère à une température donnée peut être évalué à l'aide de la figure 12. Les segments continus des droites représentent des quantités déversées allant de 1 à 130 tonnes, ce dernier chiffre correspondant à peu près au volume type de 80 000 litres (17 600 gal imp.) contenu dans un wagon-citerne chargé de plomb tétraéthyle. Le lecteur notera que la figure 12 vaut pour une vitesse du vent de 4,5 m/s (16,1 km/h); elle ne permet donc qu'une évaluation approximative du débit d'émission pour toute autre vitesse du vent. En revanche, le *Manuel d'introduction Enviroguide* fournit l'équation qui permet d'établir la vitesse d'évaporation pour une vitesse de vent donnée à partir de la valeur établie pour une vitesse de 4,5 m/s.

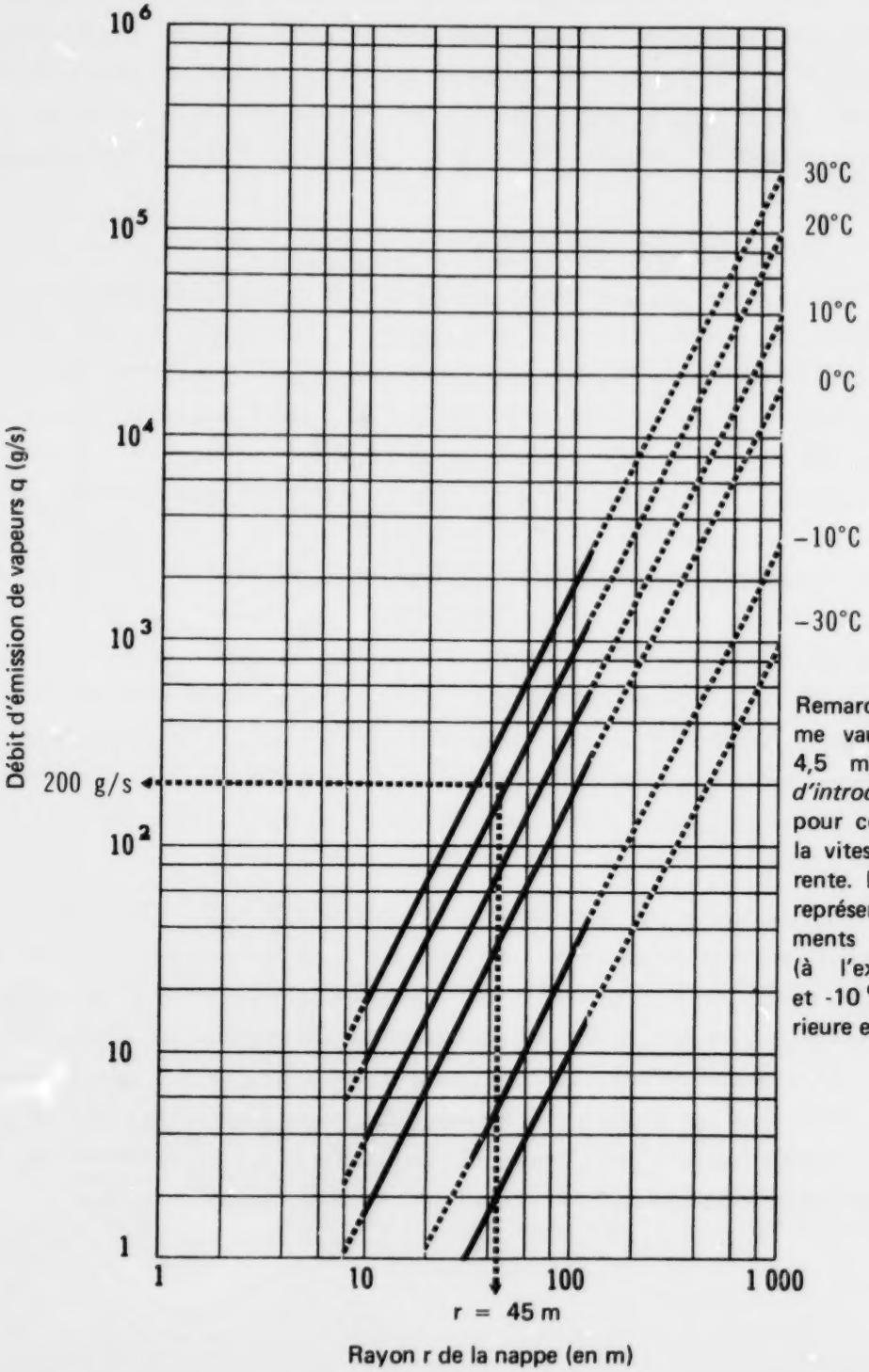
À remarquer que le calcul du débit d'émission se fait pour un rayon de nappe arbitraire sur un sol plat. Quelle que soit la quantité de produit déversé, le rayon de la nappe est basé sur un étalement symétrique du produit et une nappe de 2 mm d'épaisseur. Le rayon ainsi obtenu représente la valeur maximale possible du fait que la plupart du temps, les déversements se produisent sur un sol irrégulier et poreux si bien que le produit déversé forme une nappe beaucoup moins étendue.

5.3.2.2 Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent. - La figure 13 illustre la relation qui existe entre la teneur en polluant, sous forme de vapeurs, et la distance sous le vent pour les catégories météorologiques D et F. Le nomogramme a été établi à l'aide des modèles de diffusion décrits dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. La teneur en vapeurs est représentée par la teneur uniformisée Tu/q au ras du sol le long de la médiane du panache schématisé. La catégorie F est la moins propice à la diffusion du panache; la catégorie D est la plus fréquente presque partout au Canada. Il faut déterminer la catégorie appropriée (tableau 7) avant d'utiliser la figure 13.

Figure 12

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

DÉBIT D'ÉMISSION DE VAPEURS À DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE



Remarque. — Le nomogramme vaut pour un vent de 4,5 m/s. Voir le *Manuel d'introduction Enviroguide* pour convertir les valeurs si la vitesse du vent est différente. Les segments continus représentent des déversements de 1 à 130 tonnes (à l'exception de -30 °C et -10 °C où la limite inférieure est de 10 tonnes)

Figure 13

PLOMB TETRAÉTHYLE

TENEUR UNIFORMISÉE EN VAPEURS EN FONCTION DE LA DISTANCE SOUS LE VENT

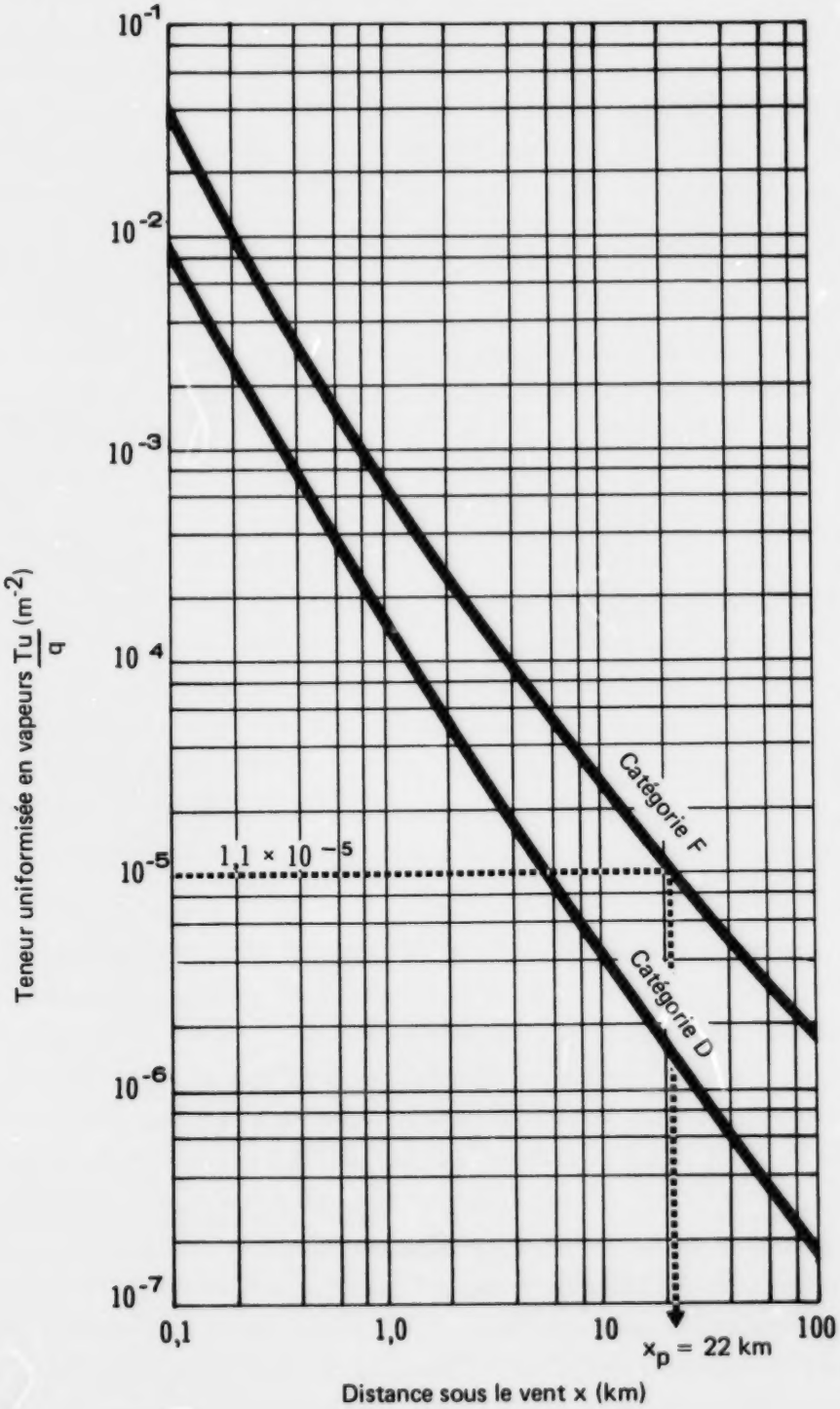


Tableau 7
Catégories météorologiques (de stabilité)

Catégorie F	Catégorie D
Vitesse du vent <11 km/h (≈3 m/s) et l'une des conditions suivantes: ciel couvert durant le jour; nuit; forte inversion de température.	S'applique à pratiquement toutes les autres conditions.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La distance maximale dangereuse du côté sous le vent x peut être déterminée à l'aide de la figure 13, si l'on possède les données suivantes:

Débit q d'émission des vapeurs, en g/s;

Vitesse du vent u, en m/s;

Catégorie météorologique (de stabilité).

Teneur T dangereuse limite, soit la valeur la moindre entre 10 fois la TLV• (exprimée en g/m^3) et la limite inférieure d'inflammabilité (exprimée en g/m^3). (À noter que pour le plomb tétraéthyle, la TLV• n'est donnée qu'en g/m^3. Il n'y avait donc pas lieu de préparer un nomogramme pour convertir la TLV• exprimée en ppm à la TLV• en g/m^3.)

Une teneur dangereuse limite, égale à 10 x TLV•, a été choisie de façon arbitraire; elle représente une limite "relativement réaliste" au-delà de laquelle une exposition de courte durée (30 minutes) présente un danger pour la santé. La TLV• est une norme d'exposition de longue durée sur les lieux de travail. Si elle était utilisée comme teneur limite dangereuse, la zone dangereuse atteindrait des proportions démesurées.

5.3.2.3 Demi-largeur maximale du panache dangereux. - Le tableau 8 présente des valeurs de la demi-largeur maximale L/2 max. du panache pour une plage de valeurs q/u, en fonction des conditions de stabilité D et F. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des modèles de diffusion expliqués dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*, pour une TLV• de 0,0001 g/m^3 ou 0,001 g/m^3. La demi-largeur du panache dangereux représente la demi-largeur du nuage de vapeurs de plomb tétraéthyle, situé du côté sous le vent et atteignant une teneur limite égale à 10 fois la TLV•. Le tableau 8 ne s'applique donc que dans le cas d'une teneur limite de 0,001 g/m^3. À noter que la distance maximale considérée est de 100 km.

La catégorie D comporte une plage de vitesses du vent qui s'étend de 1 à 30 m/s. Quant à la plage des débits d'émission q utilisée, elle va de 15 à 7000 g/s, ce qui correspond à une plage de masses déversées comprises entre 2 et 700 tonnes. Si tout le contenu, soit 80 000 l (17 600 gal imp.) du wagon-citerne était déversé, cela représenterait une masse de 130 600 kg

(soit environ 131 tonnes). Le tableau 8, pour la catégorie D, fournit des valeurs calculées en fonction de masses jusqu'à 5 fois plus considérables (16 fois plus considérables s'il s'agit d'un wagon-citerne d'une capacité de 24 000 l).

Pour la catégorie F, la plage de vitesses du vent u va de 1 à 3 m/s. Quant à la plage de débits d'émission q utilisée, elle va de 1,5 à 1650 g/s, ce qui correspond à une plage de masses déversées comprises entre 0,2 et 65 tonnes. Le tableau 8, pour la catégorie F, fournit des chiffres calculés en fonction d'une masse presque égale au contenu d'un wagon-citerne standard, ou un à deux tiers du contenu d'un wagon-citerne d'une capacité de 24 000 l.

Tableau 8
Demi-largeur maximale du panache dangereux de vapeurs de plomb tétraéthyle (à 20 °C)

Catégorie météorologique D			Catégorie météorologique F		
q/u (g/m)	L/2 max. (m)		q/u (g/m)	L/2 max. (m)	
7000	3430	(99,5 km)*	650	1520	(99,5 km*)
6000	3115		600	1430	
5000	2785		500	1250	
4000	2425		400	1060	
3000	2030		300	850	
2500	1815		250	745	
2000	1580		200	630	
1500	1320		150	510	
1000	1030	q/u = 95→	100	375	→L/2 max. = 375 m
750	860		75	310	
500	670		50	240	
400	585		25	155	
300	500		10	85	
200	395		5	55	
100	260		2,5	35	
75	220		1	25	
50	175		0,5	15	
25	115				
10	70				
5	50				
2,5	35		* Les données valent pour une distance maximale sous le vent de 100 km.		
1	20				
0,5	15				

Exemple. - Une nappe de plomb téraéthyle dégage des vapeurs à un débit q = 200 g/s, dans des conditions météorologiques de catégorie F; si la vitesse du vent u = 2,1 m/s, alors q/u = 95 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale L/2 max. du panache dangereux de 375 m.

Note. - Le tableau ci-dessus ne vaut que pour une teneur en plomb tétraéthyle de 0,001 g/m^3, c'est-à-dire 10 fois la TLV*.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

À partir de valeurs connues de q et de u et en fonction d'une catégorie météorologique donnée, calculer q/u. Choisir la valeur q/u la plus proche fournie dans le tableau et la demi-largeur maximale correspondante, en mètres. Pour obtenir un résultat un peu plus précis, déterminer par interpolation les valeurs q/u et L/2 max. (Voir également l'exemple qui accompagne le tableau 7.)

5.3.2.4 Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé. - La figure 14 indique la distance x parcourue par le panache après un temps *t* de déplacement pour une vitesse de vent u donnée. Il s'agit de la représentation graphique de la relation $x_t = ut$ appliquée à un éventail de vitesses de vent fréquentes.

5.3.3 Étapes du calcul. - L'exemple donné ci-dessous illustre les étapes à suivre dans le calcul qui permet de déterminer la zone dangereuse sous le vent à partir du lieu où se produit un déversement de plomb tétraéthyle. L'utilisateur prendra note des limites des méthodes de calcul décrites dans le présent guide ou dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les estimations ne valent que pour les conditions précisées. Il est souhaitable que l'utilisateur, dans un cas de déversement réel, se serve de données connues ou observables (par exemple le rayon de la nappe).

DONNÉES DU PROBLÈME

Au cours de la nuit, vers 2 h, 20 tonnes de plomb tétraéthyle ont été déversées sur un sol plat. Il est maintenant 2 h 05. La température est de 20 °C et le vent souffle du nord-ouest à une vitesse de 7,5 km/h. Déterminer la zone de vapeurs dangereuses.

ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 La masse *m* de liquide déversé est de 20 tonnes.

Étape 2 Calculer le rayon r de la nappe.

Utiliser le rayon mesuré sur place si cela est possible.

Sinon, utiliser le rayon maximal calculé en fonction d'une épaisseur de la nappe de 2 mm.

r = 45 ÷ 1000 = 0,045 km.

Étape 3 Calculer le débit d'émission q à temp. = 20 °C.

r = 45 m et temp. = 20 °C, q = 200 g/s.

Étape 4 Déterminer la vitesse du vent u et sa direction *D*.

Utiliser l'information accessible sur les conditions météorologiques, de préférence à partir d'observations faites sur le terrain. Ici:

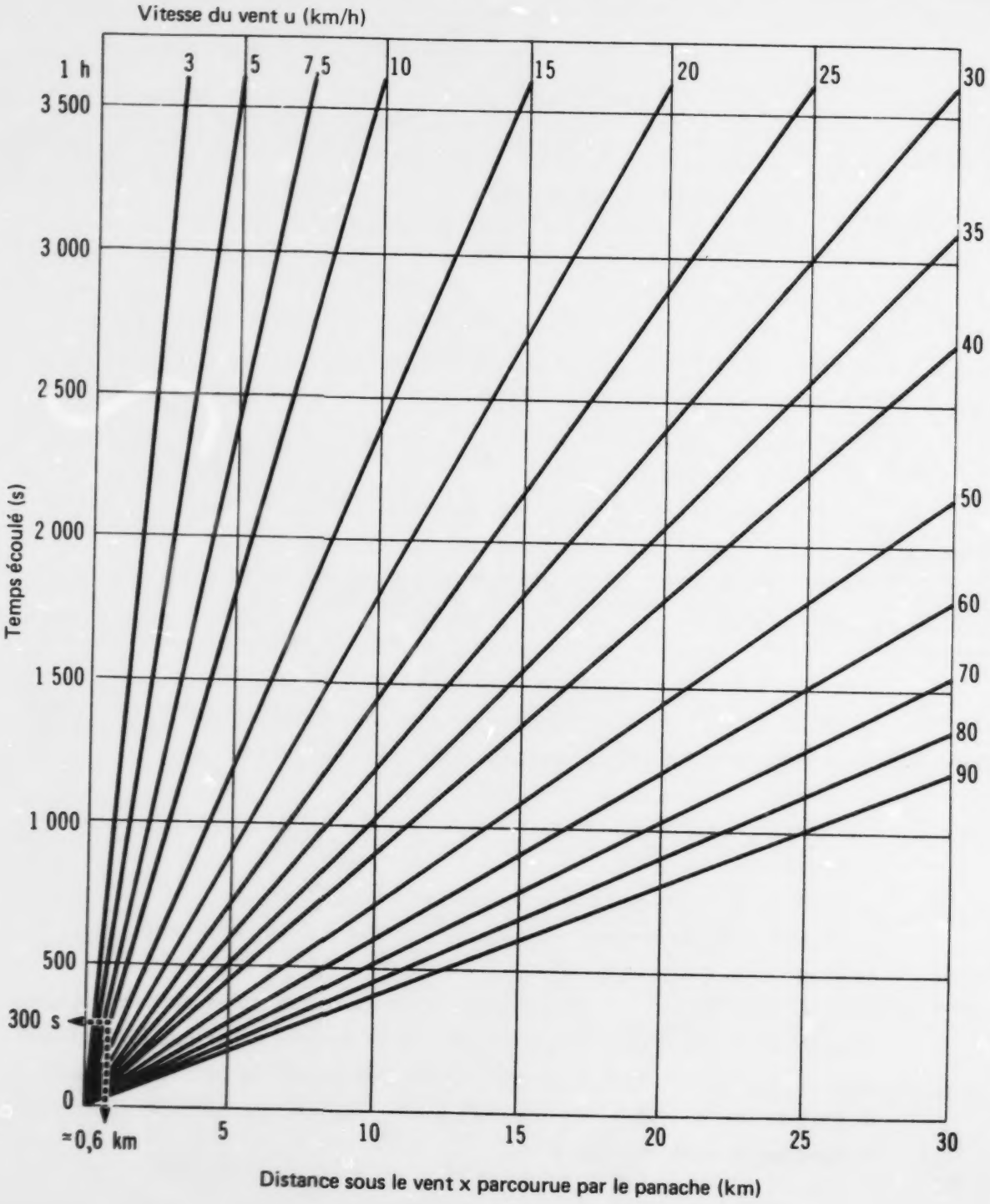
u = 7,5 km/h; alors u = 7,5 ÷ 3,6 = 2,1 m/s;

D = N.-O. ou 315° (*D* = direction d'où souffle le vent).

Figure 14

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

DISTANCE PARCOURUE PAR LE PANACHE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



Étape 5 Déterminer la catégorie météorologique.

Le tableau 8 permet d'établir qu'il s'agit de la catégorie F, puisque u < 11 km/h et que le déversement s'est produit au cours de la nuit.

Étape 6 Déterminer la teneur T dangereuse limite.

Dans le cas du plomb téraéthyle, celle-ci correspond à 10 x la TLV• établie à 0,0001 g/m^3 donc:

$T = 0{,}001\ g/m^3$

Étape 7 Calculer Tu/q.

$$Tu/q = \frac{0{,}001 \times 2{,}1}{200} = 1{,}05 \times 10^{-5}\ m^{-2}$$

Étape 8 Calculer la distance maximale dangereuse du côté sous le vent x à partir du point source p théorique.

Voir figure 13. Pour une catégorie F de conditions météorologiques, si $Tu/q = 1{,}05 \times 10^{-5}\ m^{-2}$, $x_p \simeq 22$ km.

Étape 9 Calculer la distance dangereuse maximale du côté sous le vent x à partir de l'aire source a.

Comme $x_p = 22$ km et $r = 0{,}045$ km

$x_a = x_p - 10\ r = 22\ km - 10\ (0{,}045\ km) = 11{,}5$ km.

Étape 10 Calculer la demi-largeur maximale du panache dangereux.

Se servir du tableau 8. Comme q = 200 g/s et u = 2,1 m/s,

$$q/u = \frac{200}{2{,}1} = 95\ g/m.$$

Pour la catégorie F de conditions météorologiques, la valeur de q/u la plus proche est de 100 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale d'environ 375 m.

Étape 11 Déterminer le temps *t* écoulé depuis le début du déversement.

$t = 5\ mn \times 60 = 300$ s.

Étape 12 Calculer la distance sous le vent x parcourue par le panache depuis le début du déversement.

Se servir de la figure 14. Comme $t = 300$ s et u = 7,5 km/h,

$x_t = 0{,}6$ km (plus précisément: ut = 2,1 m/s et 300 s = 630 m = 0,63 km).

Étape 13 Schématiser la zone dangereuse.

Cela se fait en formant un rectangle dont deux des côtés opposés mesurent (chacun) deux fois la demi-largeur maximale du panache dangereux (375 m), alors que les deux autres côtés mesurent (chacun) l'équivalent de la distance maximale dangereuse sous le vent à partir de l'aire source, soit 21,5 km, et sont orientés dans la direction du vent (voir figure 15).

Figure 15

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT INVARIABLE EXEMPLE DE PROBLÈME

Direction et vitesse du vent = 315° (N.-O.) à 7,5 km/h

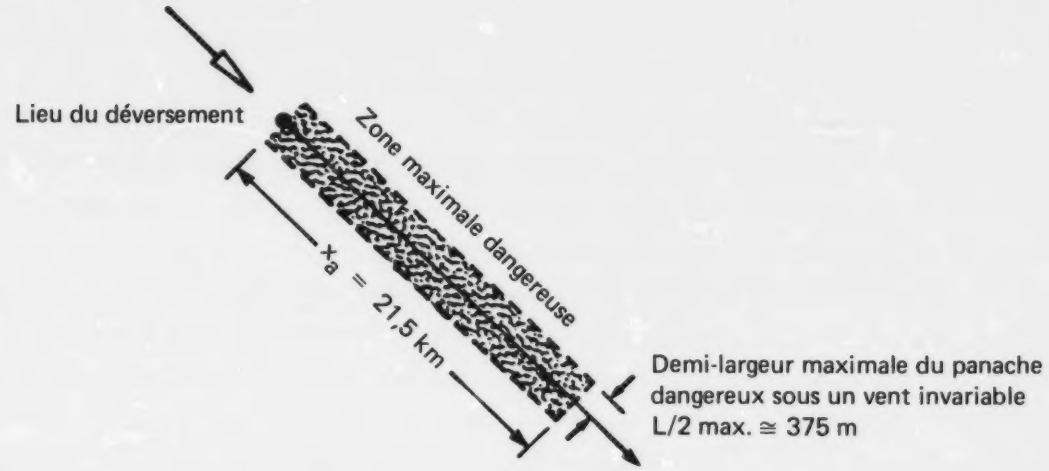
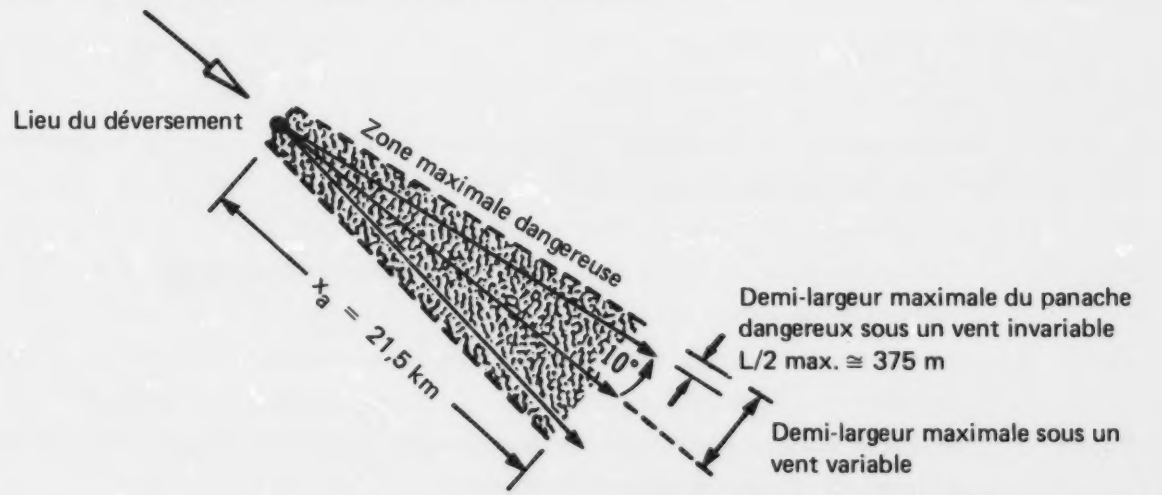


Figure 16

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT VARIABLE EXEMPLE DE PROBLÈME

Direction et vitesse du vent = 315° (N.-O.) ± 10° à 7,5 km/h



= x_a x 1000 x tangente 10° + L/2 max.
= 21,5 x 1000 x tangente 10° + 375 m
= 4170 m ou 4,2 km

Si le vent ne fluctue que de 20° (315° ± 10°) le schéma de la zone dangereuse correspond à la figure 16.

Note. - Au cours des 5 minutes qui se sont écoulées depuis le début du déversement, le panache a franchi 0,63 km. Sous un vent de 7,5 km/h, il s'écoulerait encore 165 minutes avant que le panache franchisse la distance maximale dangereuse sous le vent, soit 21,5 km

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. - Le plomb tétraéthyle n'est pas miscible à l'eau. Lorsque déversé dans l'eau, il coule et s'étale sur le fond. Des nomogrammes ont été préparés pour déterminer la largeur de la zone polluée dans un cours d'eau non soumis aux marées. Ils correspondent aux pires cas en ce qui concerne l'étendue de la zone polluée.

Pour calculer l'étendue polluée du lit d'un cours d'eau dans lequel un liquide insoluble de masse volumique élevée a été déversé, nous nous sommes servis d'un modèle mathématique (Thibodeaux, 1979) pour estimer la vitesse finale (de chute) (V_f) des particules. La vitesse finale d'une particule dépend, d'une part, de sa densité relative, de sa taille, de sa section efficace et, d'autre part, de la masse volumique et de la viscosité de l'eau. La traînée qui s'oppose à la pesanteur varie selon le débit. Le modèle est présenté en détail dans le *Manuel d'introduction Enviroguide.*

En cas de perforation d'une citerne contenant un liquide non miscible à l'eau et de masse volumique élevée, la taille des particules est fonction de la taille de l'orifice, des diverses propriétés physiques du corps chimique et de l'eau, ainsi que de la vitesse relative du corps lorsqu'il vient en contact avec l'eau. Les nomogrammes de vitesse de chute et d'étendue de la nappe ont été élaborés pour des gouttelettes de taille minimale et pour un orifice de toute taille, ce qui a permis de maximiser l'étendue de la zone polluée. Le *Manuel d'introduction Enviroguide* donne des renseignements plus précis sur le modèle.

5.4.2 Nomogrammes de la diffusion. - Les nomogrammes qui suivent permettent de calculer l'étendue de la zone polluée dans un cours d'eau non soumis aux marées ou un plan d'eau à la suite d'un déversement de plomb tétraéthyle.

Figure 17 Vitesse de chute en fonction du diamètre équivalent de l'orifice (pour différentes vitesses du courant)

Figure 18 Temps de sédimentation en fonction de la vitesse finale (et de la vitesse du courant)

Figure 19 Distance parcourue en aval en fonction de la vitesse de sédimentation (pour différentes vitesses moyennes du courant)

Figure 20 Largeur de la zone polluée en fonction du diamètre équivalent de l'orifice (pour différentes hauteurs d'eau)

Figure 17 Vitesse finale en fonction de la taille de l'orifice. - La taille des plus petites gouttelettes dépend d'une part de la taille de l'orifice, des caractéristiques physiques du corps chimique et de l'eau, et d'autre part de la vitesse relative à laquelle le corps chimique entre en contact avec l'eau. Pour l'élaboration du nomogramme, on a considéré que la vitesse de sortie du wagon-citerne correspondait à la composante verticale de la vitesse lorsque le jet de liquide frappe la surface de l'eau. La figure 17 donne une valeur estimative de la vitesse finale dans l'eau des plus petites gouttelettes de plomb tétraéthyle en fonction du diamètre de l'orifice et de la vitesse moyenne du courant. Pour une vitesse de courant inférieure à 1 m/s, la courbe correspondant à 1 m/s peut servir pour une approximation raisonnable.

Figure 18 Temps de sédimentation en fonction de la vitesse finale. - À partir de la vitesse finale V_f déterminée d'après la figure 17, le temps t nécessaire aux plus petites gouttelettes pour se déposer au fond d'un cours d'eau de profondeur h, abstraction faite du brassage turbulent, peut être déterminé grâce à la figure 18.

Figure 19 Distance parcourue en fonction du temps de sédimentation. - À partir du temps de sédimentation obtenu à la figure 18, on peut estimer à l'aide de la figure 19 la distance x parcourue en aval du lieu de déversement par les plus petites gouttelettes de plomb tétraéthyle avant qu'elles n'atteignent le fond d'un cours d'eau, pour une plage de vitesses moyennes du courant.

Figure 20 Largeur de la zone polluée en fonction du diamètre équivalent de l'orifice (pour différentes hauteurs d'eau). - Pour une taille donnée de l'orifice, la largeur L de la zone polluée du lit d'un cours d'eau peut être déterminée à partir de la figure 19 pour différentes hauteurs d'eau. Ici encore, la largeur maximale de la zone polluée a été calculée pour les plus petites gouttelettes. La largeur L de la zone polluée permet également d'évaluer le diamètre de la zone polluée dans le cas d'un déversement dans un plan d'eau.

5.4.3 Exemple de calcul. - Vingt tonnes de plomb tétraéthyle ont été déversées dans un cours d'eau. La hauteur d'eau h est de 10 m et la largeur L, de 250 m. La vitesse moyenne du courant est de 0,5 m/s. En supposant que le diamètre équivalent de l'orifice est de 200 mm, à quelle distance les plus petites gouttelettes seront-elles entraînées en aval avant qu'elles atteignent le lit du cours d'eau, et quelle est la largeur maximale de la zone polluée?

Étape 1 Déterminer la vitesse finale.
Comme D = 200 mm et u = ≈ 1 m/s, V_f = 0,86 cm/s (figure 17)

Étape 2 Déterminer le temps requis pour que les particules se déposent sur le fond.
Comme V_f = 0,86 cm/s et h = 10 m, t = 18 mn (figure 18)

Étape 3 Déterminer la distance qu'auront parcouru les plus petites gouttelettes.
Comme t = 18 mn et u = 0,5 m/s, x = 570 m (figure 19)

Étape 4 Déterminer la largeur maximale de la zone polluée.
Comme D = 200 mm et h = 10 m, L = 55 m (figure 20)

Figure 17

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

VITESSE FINALE EN FONCTION DU DIAMÈTRE ÉQUIVALENT DE L'ORIFICE

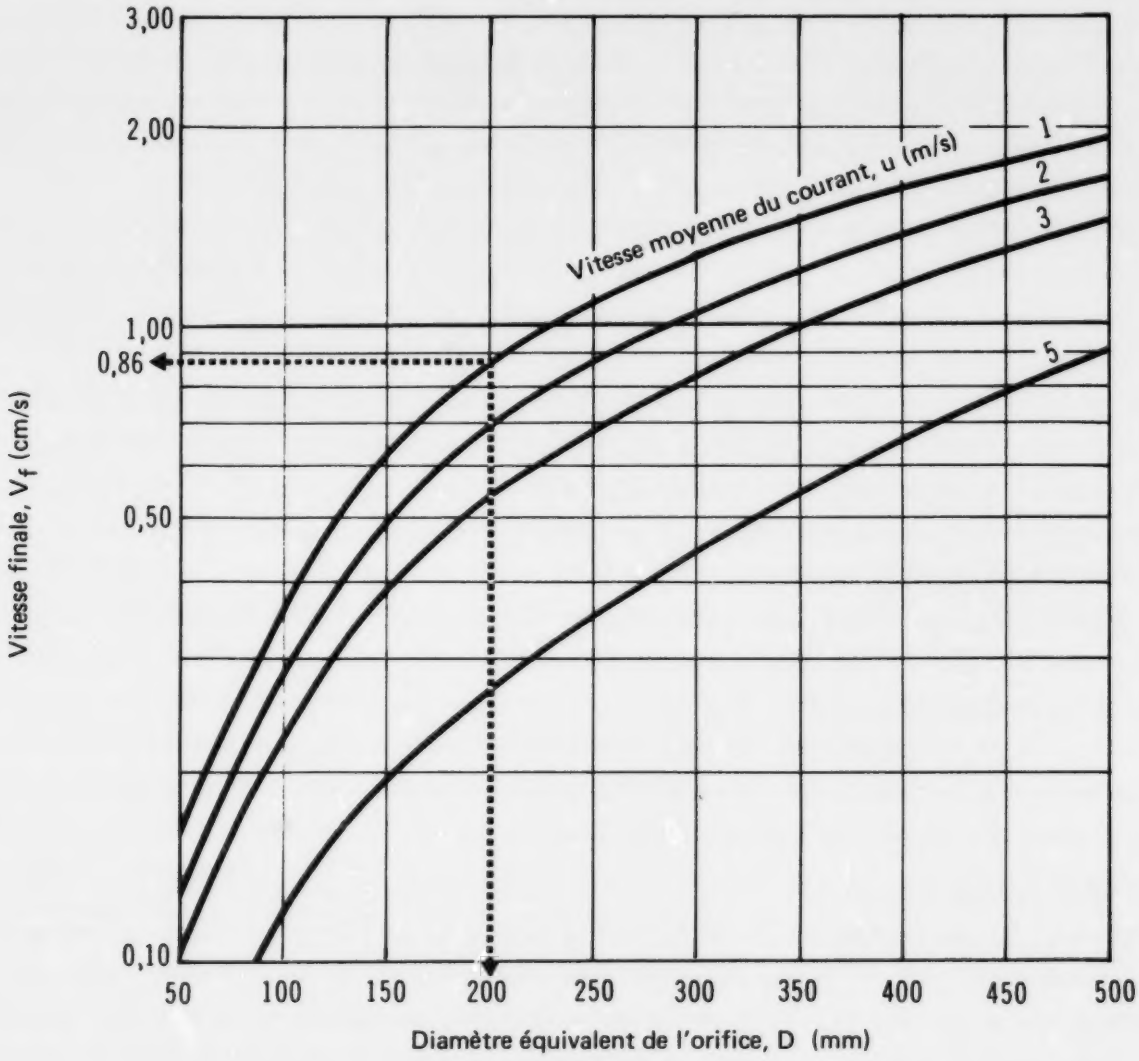


Figure 18

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

TEMPS DE SÉDIMENTATION EN FONCTION DE LA VITESSE FINALE

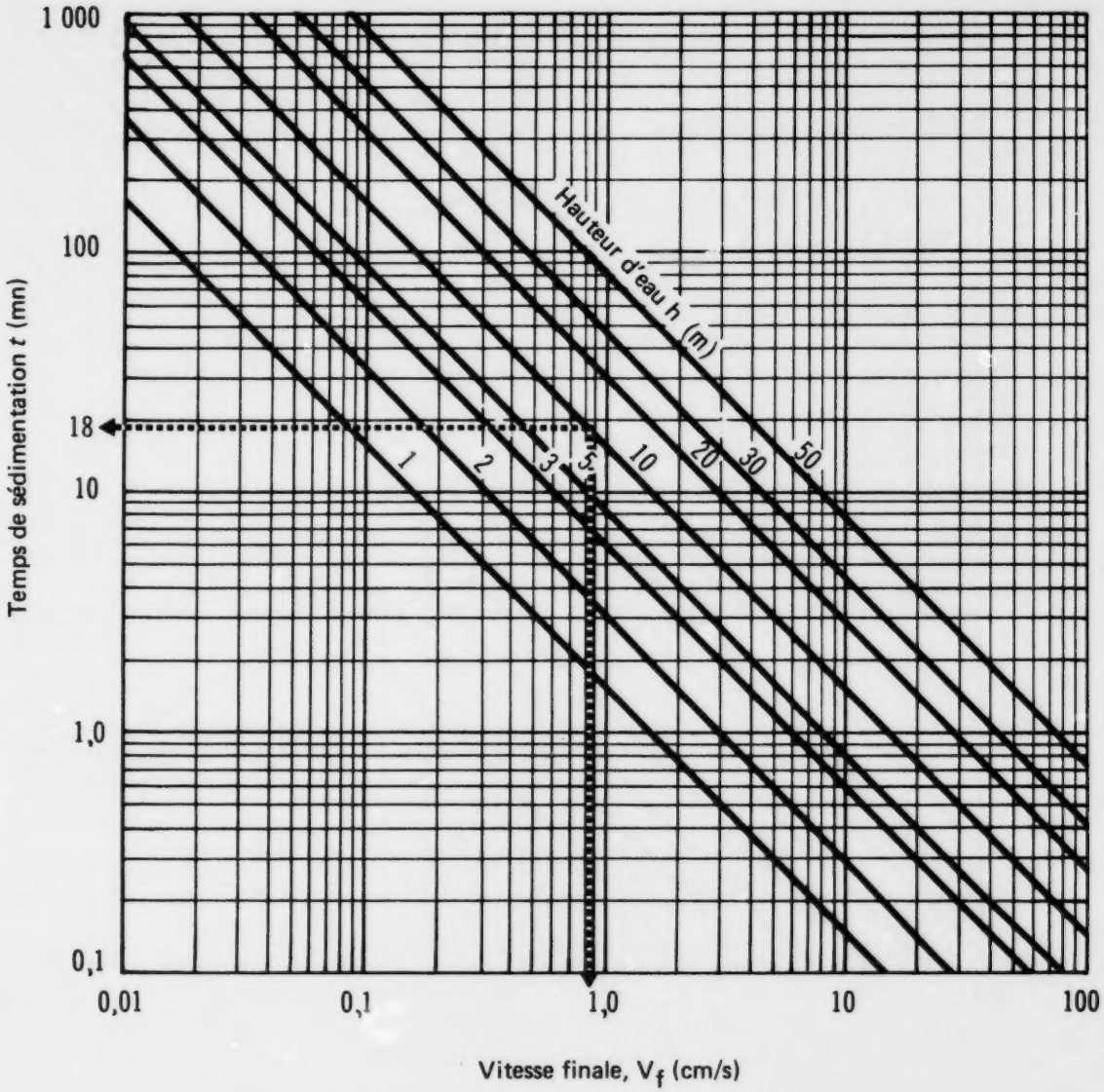


Figure 19

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

DISTANCE PARCOURUE EN FONCTION DU TEMPS DE SÉDIMENTATION

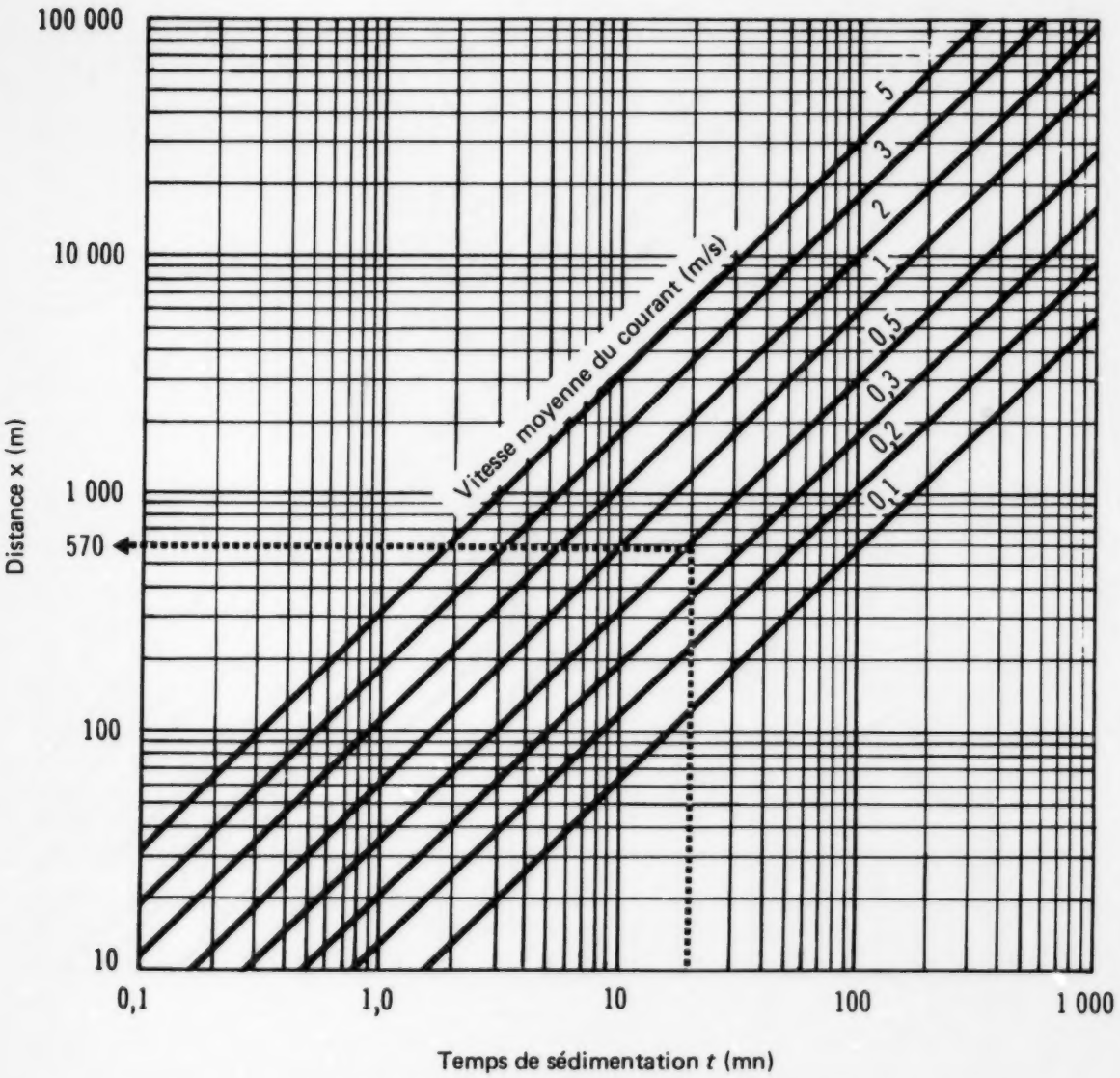
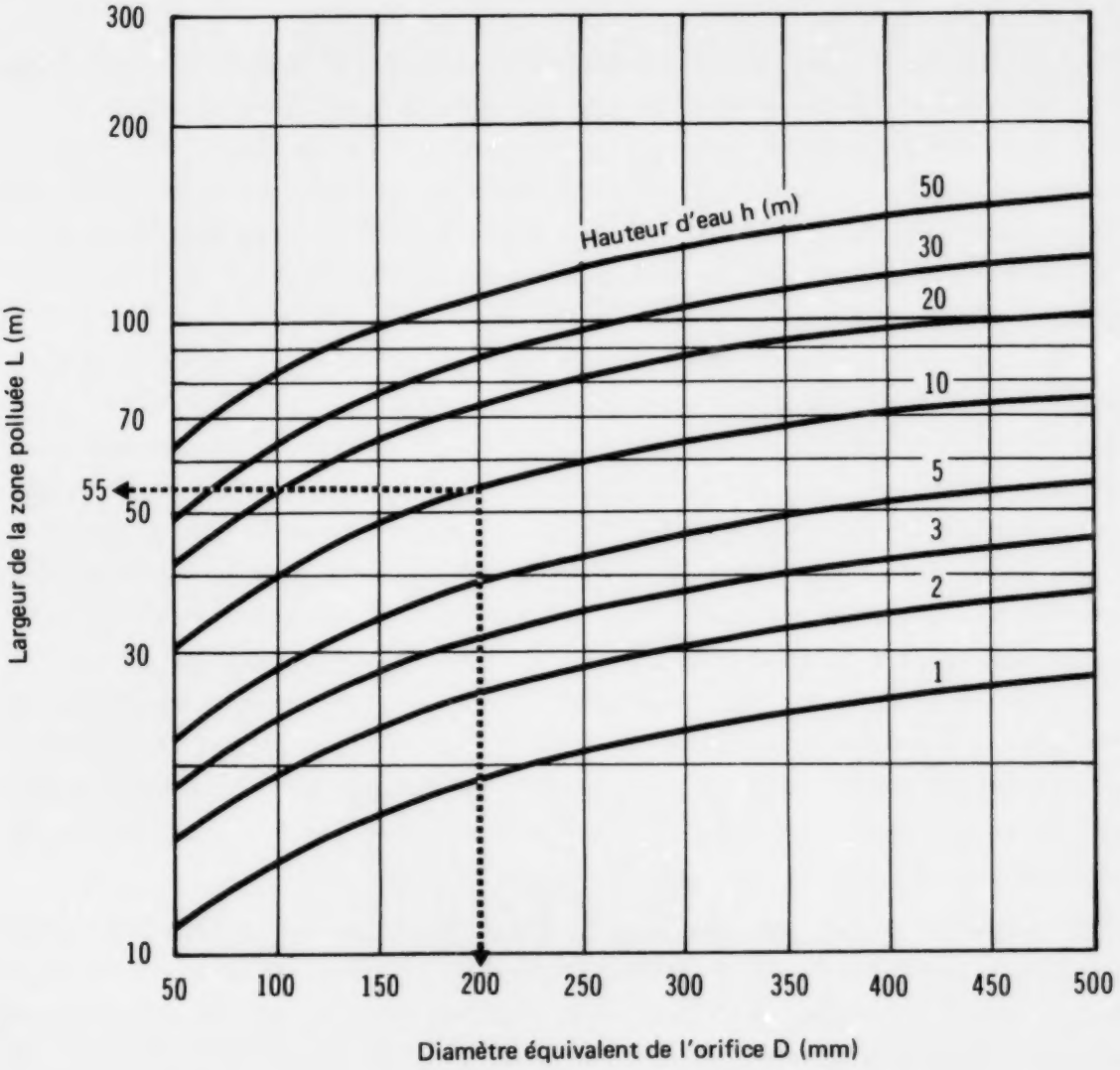


Figure 20

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

LARGEUR DE LA ZONE POLLUÉE EN FONCTION DU DIAMÈTRE ÉQUIVALENT DE L'ORIFICE



5.5 Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol

5.5.1 Introduction. - Le plomb tétraéthyle est faiblement miscible à l'eau. Par conséquent, lorsqu'il est déversé sur le sol, son infiltration et sa migration dans le sol constituent un phénomène mettant en jeu plusieurs milieux soit le plomb tétraéthyle, l'eau, le sol et les vapeurs de plomb tétraéthyle.

Malheureusement, il existe très peu de données sur lesquelles s'appuyer pour expliquer en détail la migration du plomb tétraéthyle dans des conditions données. Quelques études intensives ont été effectuées sur le terrain, particulièrement dans le cas de déversements d'hydrocarbures, d'essence et de PCB, mais il existe très peu d'information au sujet du plomb tétraéthyle. Par conséquent, il faut simplifier les conditions du sol et des eaux souterraines et exprimer le comportement du plomb tétraéthyle par analogie à d'autres corps ayant fait l'objet de recherches plus approfondies.

Un modèle de migration dans le sol des fluides tels le plomb tétraéthyle a déjà été préparé en comparant cette situation à celle d'hydrocarbures déversés sur le sol (Blokker, 1971; Freeze et Cherry, 1979). On suppose qu'au moment du déversement, le sol renferme une quantité d'eau correspondant au plus à sa capacité normale d'humidité, dite capacité au champ, et ce jusqu'à la nappe phréatique. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de freiner le mouvement descendant du plomb tétraéthyle. Il est supposé que celui-ci progresse sous forme de bloc saturé en laissant une fraction retenue constante S_0 dans les pores du sol traversé. Le mouvement descendant se poursuit jusqu'à ce que le volume de plomb tétraéthyle déversé par unité de surface B_0 soit égal au volume retenu dans le sol S_0. La pression capillaire peut entraîner une certaine infiltration horizontale. Si B_0 est supérieur à S_0 (volume que le sol peut retenir), le surplus de plomb tétraéthyle atteindra la nappe d'eau souterraine. Comme le plomb tétraéthyle est plus dense que l'eau, il progressera lentement dans la zone saturée de l'aquifère, comme on peut le voir à la figure 21.

5.5.2 Migration du polluant dans un sol à capacité au champ. - Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du fluide dans la zone non saturée (à capacité au champ), jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, alors que l'on pose comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

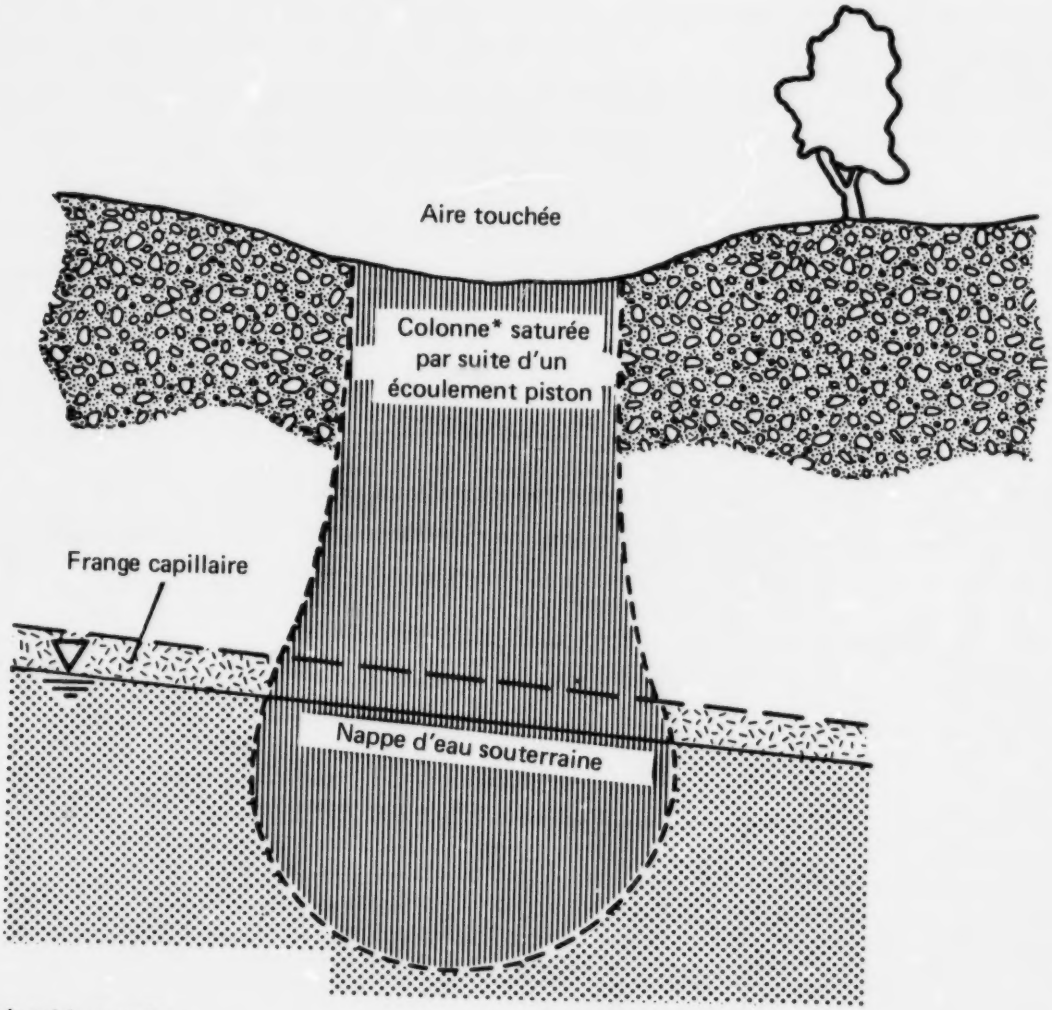
5.5.3 Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant. - Le coefficient de perméabilité K_0 (ou conductivité hydraulique) mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

Figure 21

PLOMB TÉTRAÉTHYLE

MIGRATION DANS LE SOL



Sol: sable grossier
- porosité (n) = 0,35
- perméabilité intrinsèque $k = 10^{-9}$ m^2
- capacité au champ = 0,075

* Fraction de plomb tétraéthyle retenue dans la colonne $S_0 = 0,05$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)

μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)

g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Les valeurs établies pour le plomb tétraéthyle à 20 °C et 4 °C figurent dans le tableau ci-dessous.

Valeurs établies pour le plomb tétraéthyle

Paramètre	Plomb tétraéthyle	
	20 °C	4 °C
Masse volumique (kg/m^3)	1660	1665
Viscosité absolue (Pa . s)	$0,85 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité d'un sol saturé (m/s)	$(1,9 \times 10^7)k$	$(1,5 \times 10^7)k$

5.5.4 Types de sol. - Le *Manuel d'introduction Enviroguide* décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous présente les valeurs établies pour les paramètres qui influent sur la migration des fluides.

Valeurs établies pour les sols

Paramètre	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45
Fraction résiduelle (m^3/m^3)	0,05	0,1	0,2

5.5.5 Nomogrammes de la migration. - Un nomogramme de la migration du fluide dans la couche de sol non saturée (c.-à-d. à capacité au champ) située au-dessus de la nappe phréatique a été préparé pour chaque type de sol mentionné. Chaque nomogramme montre la hauteur totale de migration h_m en fonction du temps de migration pour un volume donné de fluide déversé au sein d'une colonne de sol d'une superficie donnée, et pour deux températures (20 °C et 4 °C).

La figure 22 indique la marche à suivre pour l'utilisation des nomogrammes présentés aux figures 23, 24 et 25.

Figure 22

PLOMB TÉTRAÉTHYLE — PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES

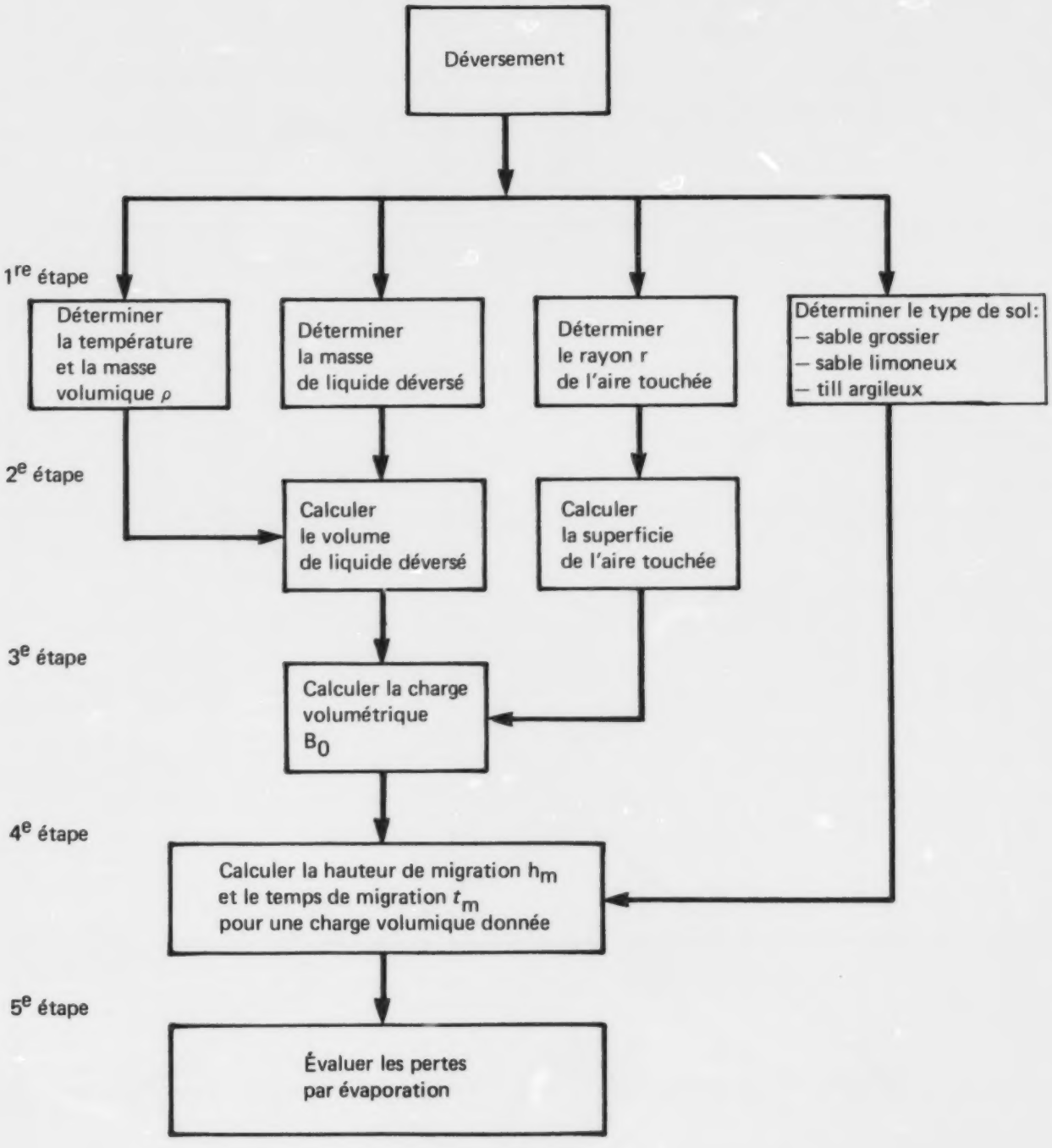


Figure 23

PLOMB TÉTRAÉTHYLE — MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER

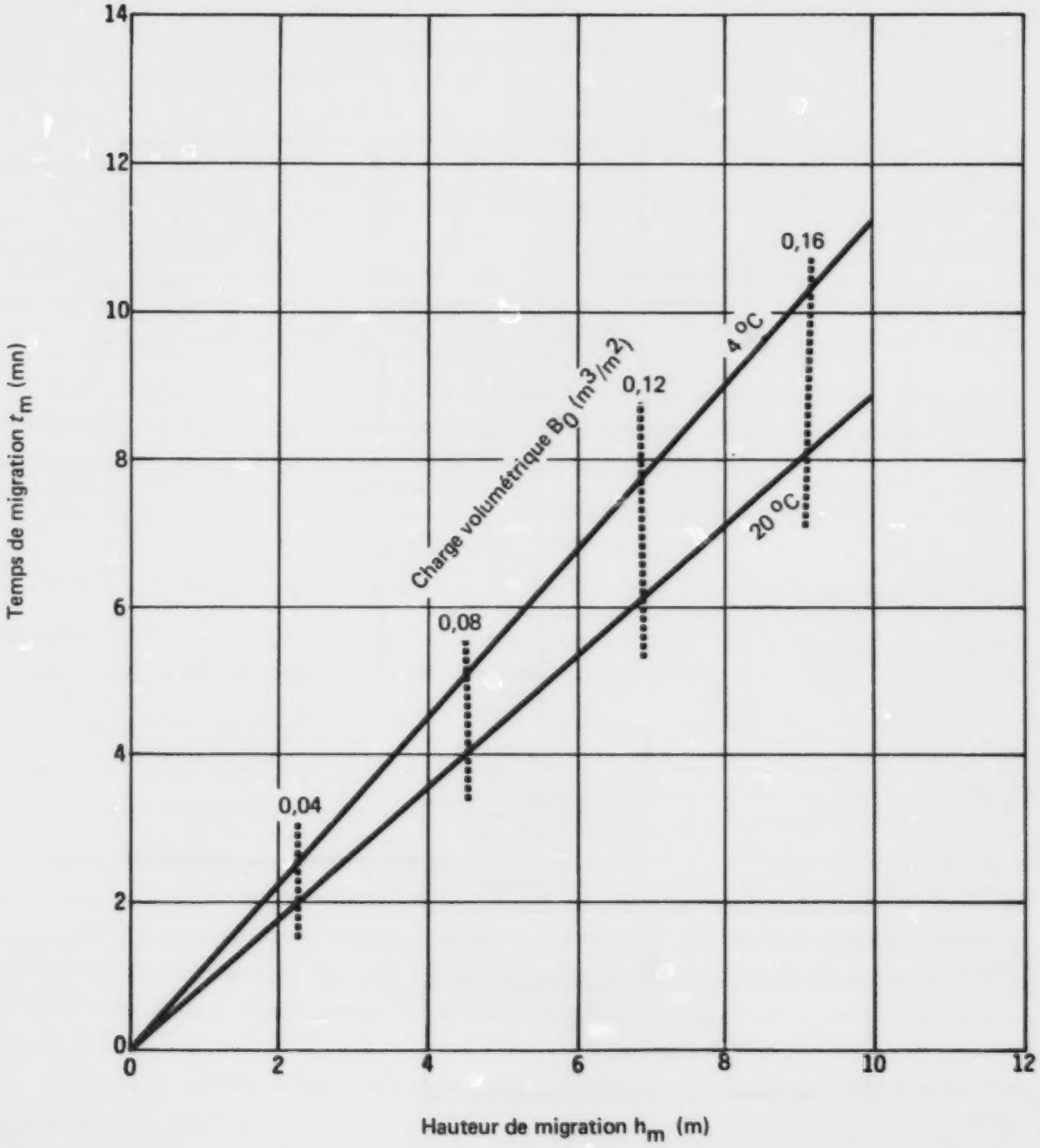


Figure 24

PLOMB TÉTRAÉTHYLE — MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

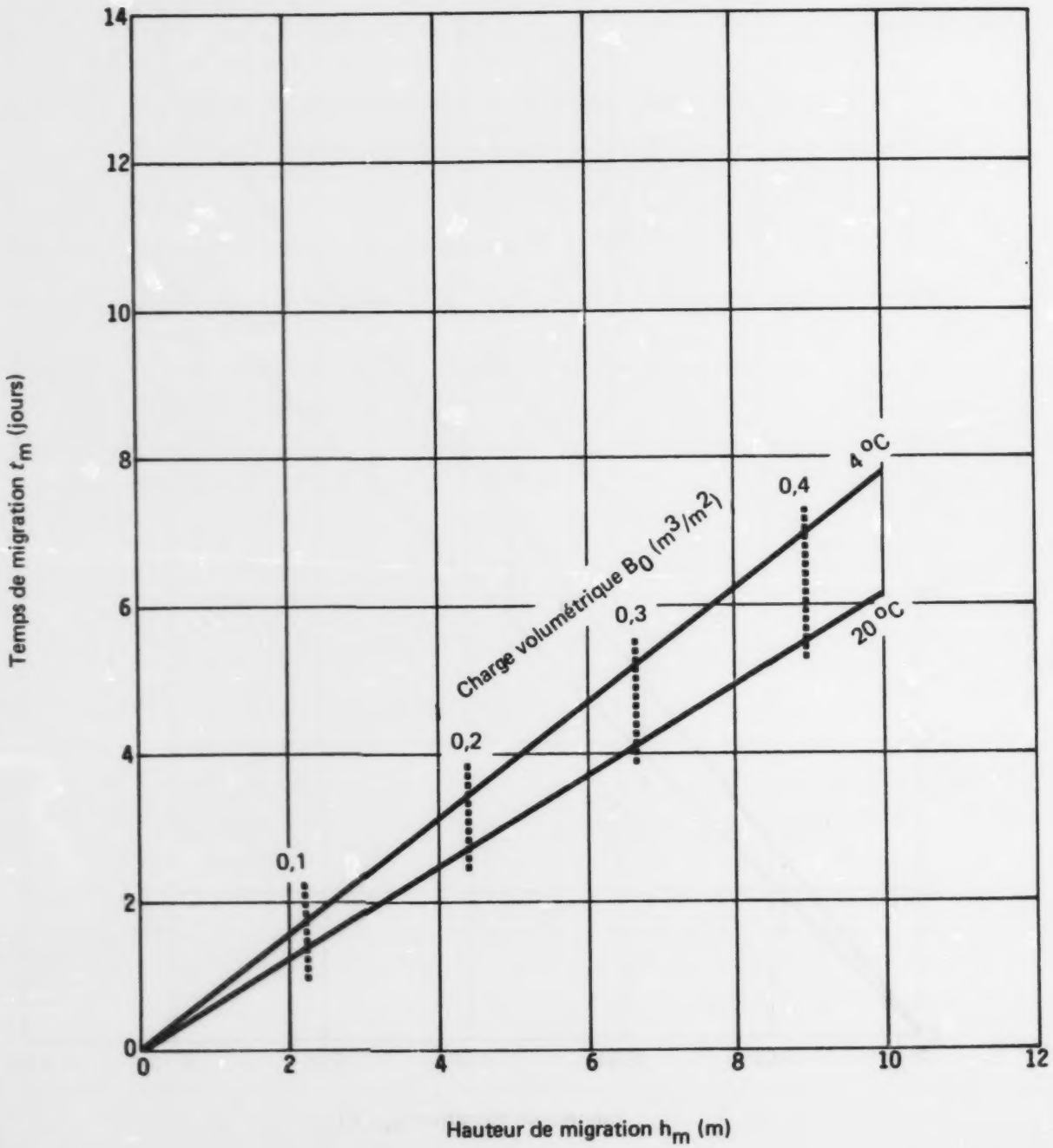
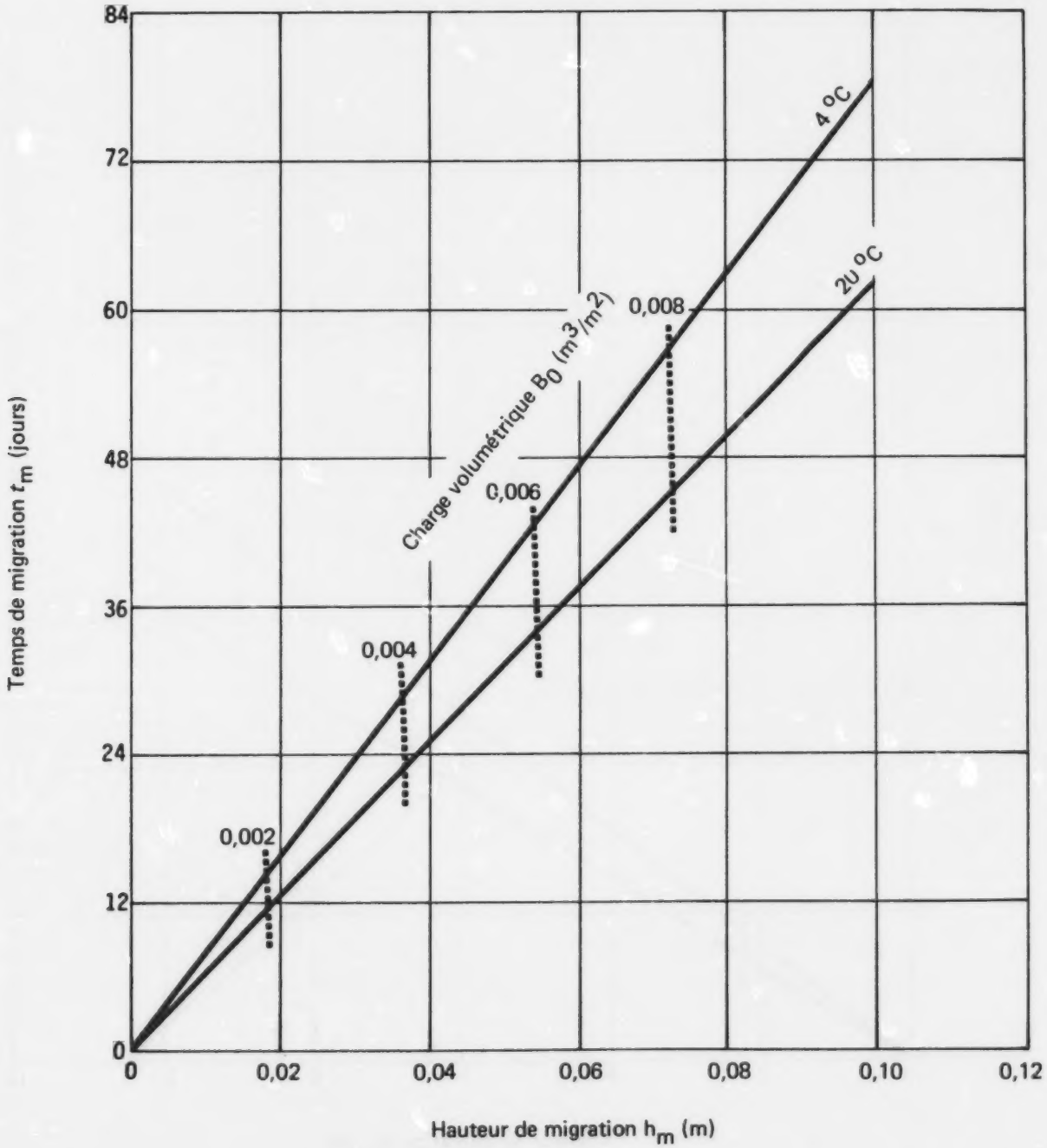


Figure 25

PLOMB TÉTRAÉTHYLE — MIGRATION DANS DU TILL ARGILEUX



5.5.6 Exemple de calcul. - Vingt tonnes de plomb tétraéthyle se sont répandues sur un sol de sable grossier. La température est de 20 °C. La nappe a un rayon de 8,6 m. Calculer la hauteur et le temps de migration.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse de liquide déversée = 20 000 kg (20 tonnes)

Température = 20 °C

Masse volumique $\rho = 1660 \text{ kg/m}^3$

Rayon r = 8,6 m

Étape 2 Calculer le volume V de liquide déversé et la superficie de la nappe A.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{2 \times 10^4 \text{ kg}}{1660 \text{ kg/m}^3} = 12 \text{ m}^3$$

$$A = \pi r^2 = 232 \text{ m}^2$$

Étape 3 Calculer la charge volumétrique B_0

$$B_0 = \frac{V}{A} = \frac{12}{232} = 0{,}05 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Étape 4 Évaluer la hauteur B et le temps t_m de migration.

B_0 (sable grossier) = $0{,}05 \text{ m}^3/\text{m}^2$

B = 2,8 m

t_m = 2,5 mn

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Qualité de l'eau

6.1.1.1 Situation en Amérique du Nord. - Au Canada et aux États-Unis, la limite admissible dans l'eau de surface alimentant les services d'eau publics est de 0,05 mg de plomb tétraéthyle par litre (WQCDB-2, 1971; Drill, 1979). L'objectif canadien pour la teneur en plomb de l'eau potable est de 0,001 mg/l (WQS, 1979).

Tant au Canada qu'aux États-Unis, la teneur maximale en plomb tétraéthyle de l'eau dont s'abreuvent les animaux sauvages est de 0,05 mg/l. L'objectif pour l'eau d'abreuvement du bétail est identique (WQS, 1979). La teneur limite en plomb pour l'eau d'irrigation est de 5,0 mg/l en cas d'irrigation pérenne, et de 10 mg/l pour une irrigation de complément. L'objectif pour les eaux destinées aux loisirs (pêche, activités nautiques) est de 0,05 mg/l (GSWQ, 1980).

6.1.1.2 Situation en Europe et en URSS. - La République fédérale d'Allemagne fixe à 0,04 mg/l la teneur limite en plomb pour l'eau potable et l'eau de fabrication dans l'industrie alimentaire (MHSSW, 1976).

En URSS, la teneur maximale admissible en plomb pour l'eau des réservoirs est de 0,1 mg/l (WQCDB-2, 1971). La norme européenne pour l'eau potable, établie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), est de 0,1 mg/l (WQCDB-2, 1971).

6.1.2 Qualité de l'air. - En Ontario, la limite des émissions totales de plomb dans l'air a été fixée à 10 $\mu g/m^3$ (*Ontario E.P. Act*, 1971). Aux États-Unis, on a suggéré de limiter les émissions atmosphériques à 1 à 2 $\mu g/m^3$ (NAQS, 1977).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Lignes directrices et objectifs. - Au Canada, la limite établie par les lignes directrices est de 0,03 mg/l pour la protection des espèces aquatiques dulçaquicoles, de 0,05 mg/l pour celle des espèces aquatiques marines, et de 0,01 mg/l si l'on veut s'assurer d'un minimum de risques d'effets nocifs (WQS, 1979). L'objectif pour les espèces aquatiques est de 0,005 mg/l dans les eaux contenant moins de 95 mg de $CaCO_3$ par litre et de 0,01 mg/l pour les eaux de dureté supérieure à cette valeur (GSWQ, 1980). Aux États-Unis, la valeur retenue pour la protection des espèces aquatiques est de 0,75 µg/l pour les eaux ayant un degré hydrotimétrique de 50, et de 3,8 µg/l, pour un degré de 100 (AWQCL, 1980).

6.2.2 Évaluation de la toxicité. - La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) au plomb tétraéthyle est inférieure à 1 ppm.

6.2.3 Mesures de la toxicité

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Effet(s)	Conditions	Source
		A. Toxicité pour les espèces dulçaquicoles			
2,0	24	Crapet arlequin	TLm	Eau du robinet	Jones, 1981
1,4	48	Crapet arlequin	TLm	Eau du robinet	Jones, 1981
0,2	96	Crapet arlequin	TLm	Eau du robinet	Jones, 1981
		B. Espèces marines			
0,02 (sous forme de Pb)	96	Crevette grise	TL 50	Bain dynamique 15 °C, salinité de 34,9 %	Maddock, 1980
0,10 (sous forme de Pb)	96	Moule	TL 50	*Idem*	*Ibidem*
0,23 (sous forme de Pb)	96	Plie	TL 50	*Idem*	*Ibidem*
0,025	Non précisée	Artémia	Aucun effet	-	JWPCF, 1979
0,085	Non précisée	Artémia	TL 50	-	*Ibidem*
0,010	Non précisée	Larves de perche de mer (*Morone labrax*)	Aucun effet	-	*Ibidem*
0,065	Non précisée	Larves de perche de mer	TL 50	-	*Ibidem*
		C. Microorganismes			
1,3	6	Algues (*Phaeductylum tricornutum*)	TE 50, réduction de la photo-synthèse	Bain dynamique, 15 °C, salinité de 34,9 %	Maddock, 1980
0,03	Non précisée	Bactéries marines hétérogènes	Aucun effet sur le rythme respiratoire	Eau salée	JWPCF, 1981
0,08	Non précisée	*Idem*	Respiration réduite de 50 p. 100	Eau salée	*Ibidem*

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Effet(s)	Conditions	Source
0,1	Non précisée	Algues (*Dunaliella tertiolecta*)	Aucun effet sur la photosynthèse	Eau salée	*Ibidem*
0,15	Non précisée	*Idem*	Photosynthèse réduite de 50 p. 100	Eau salée	*Ibidem*
<0,3	4	Algues (*Ankistrodesmus polcatus*)	TE 50	Eau douce	Verschueren, 1984
0,1 (sous forme de Pb)	96	Algues (non précisée)	TL 50	Eau douce	*Ibidem*

6.2.4 Études sur la toxicité du plomb pour les espèces aquatiques. - Le plomb tétraéthyle est plus toxique pour les espèces aquatiques que la plupart des autres dérivés du plomb. Cette plus grande toxicité proviendrait principalement de ce que le plomb tétraéthyle est liposoluble. La toxicité aiguë du plomb lui-même diminue à mesure que la dureté de l'eau augmente. La toxicité du plomb ionique varie entre 0,2 à 236 mg/l pour les espèces dulçaquicoles, et entre 0,5 à 27 mg/l pour les espèces marines, valeurs de 10 à 100 fois moindres que celles du plomb tétraéthyle (AWQCL, 1983).

Le facteur de bioconcentration du plomb tétraéthyle a été mesuré pour trois espèces marines (Maddock, 1980) et s'établit à 650 pour la crevette (*Crangon Crangon*), 120 pour la moule (*Mytilus edulis*) et 130 pour la plie (*Pleuronectes platessa*). Le facteur de bioconcentration pour le plomb va de 18 à 257 (AWQCL, 1983). Il semblerait donc que le plomb tétraéthyle est nettement plus bioconcentrable que le plomb. Des études approfondies en milieu aquatique ont été conduites pour le plomb mais pas pour le dérivé tétraéthyle. (AQC, 1977; NSF, 1977; Rolfe, 1977).

6.3 Toxicité pour le bétail, la volaille et les animaux domestiques

Les données qui suivent sont extraites d'études où le plomb est en cause et non le plomb tétraéthyle. Il est possible qu'au niveau de la toxicité aiguë, ce dernier soit nettement plus toxique. Une teneur maximale de 2 ppm de plomb tétraéthyle a été suggérée pour l'eau destinée au bétail (OHM-TADS, 1981).

Dose (plomb)	Animal	Effet	Source
0,18 mg/l	Bovin	Intoxication chronique par le plomb contenu dans l'eau douce	Pierse
200 à 400 mg/kg	Veau	Dose létale	Botts, 1977
60 à 800 mg/kg	Bovin	Dose létale	Botts, 1977
516 ppm dans la nourriture	Cheval	Dose létale	Botts, 1977
2,4 mg/kg/j (6 mois)	Cheval	Dose létale	Botts, 1977
8 mg/kg poids corp./j	Mouton	Nécrose rénale	Botts, 1977
600 mg/kg/j	Chien	Nécrose rénale	Botts, 1977
5000 ppm dans la nourriture	Poulet	Nécrose rénale	Botts, 1977
8 à 12 mg/kg/j (25 à 28 d)	Canard	Nécrose rénale	Botts, 1977

6.4 Toxicité pour les végétaux

Une étude sur des algues a montré que le plomb tétraéthyle était toxique à la lumière solaire mais non à l'obscurité. La conclusion était que les produits de photodégradation (principalement le plomb triéthyle) étaient plus toxiques que le plomb tétraéthyle (JWPCF, 1981). Des arbrisseaux (*Bougainvillea* sp.) exposés pendant 3 jours à des vapeurs renfermant 7 ppm de PTÉ, à 25 °C, accusaient 14 p. 100 de défoliation ou d'abscission foliaire. Il a fallu quatorze jours pour un retour à la normale (Ewing, 1974). Dans une autre étude, il était visible que les bulbes d'oignons exposés à environ 1 à 10 ppm (10^{-6} à 10^{-7} M) de plomb tétraéthyle avaient souffert (Ewing, 1974).

Il a été démontré que les végétaux absorbaient le plomb par les racines plutôt que par les feuilles. Dans certaines conditions du sol (par ex. pH peu élevé, faible capacité d'échange cationique, faible teneur en matières organiques et teneurs peu élevées en phosphates), l'absorption de plomb par les racines est très forte. On sait que le plomb se dépose (ce qui le rend relativement inoffensif) au niveau des racines par formation de composés à base de plomb-phosphore (NSF, 1977).

6.5 Dégradation

Le plomb tétraéthyle, principalement à l'état gazeux, se dégrade à la lumière solaire en plomb triéthyle encore plus toxique, et finalement en composés minéraux du plomb

(OHM-TADS, 1981). La décomposition dans l'eau donne au composé une demi-vie de quelques jours (Grove, 1980). On pense que cette décomposition dans l'eau correspond à la réaction suivante (Verschueren, 1984):

$$(C_2H_5)_4\ Pb \rightarrow (C_2H_5)_3\ Pb^+ \rightarrow (C_2H_5)_2\ Pb^{2+} \rightarrow Pb^{2+}$$

Lors d'une expérience, une solution contenant 1 mg de plomb tétraéthyle, par litre, renfermait après 2 jours 0,626 mg de PTÉ, 0,39 mg de $(C_2H_5)_3\ Pb^+$, <0,005 mg de $(C_2H_5)_2\ Pb^{2+}$ et 0,057 mg de Pb^{2+} (Verschueren, 1984).

6.6 Devenir et effets à long terme

Le plomb tétraéthyle se dégrade finalement en plomb. Il y aura bio-accumulation du plomb, et passage de celui-ci dans la chaîne alimentaire (OHM-TADS, 1981).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Le plomb tétraéthyle a une odeur très légère (Doc. TLV, 1981); au-dessous des teneurs maximales admissibles indiquées dans les directives, l'odeur n'est pas assez caractéristique pour prévenir efficacement du danger. Contrairement aux composés inorganiques du plomb, le PTÉ est un solvant lipidique et il peut pénétrer dans l'organisme non seulement par inhalation mais également par absorption cutanée. C'est un poison en général virulent, qui dissout les graisses. L'absorption, par inhalation, ingestion ou absorption cutanée de faibles doses répétées ou d'une forte dose unique peut provoquer toute une série de troubles au niveau du système nerveux central (USDHEW, 1977).

En septembre 1978 (RTECS, 1979), à la demande de l'OSHA et du NCI, il fut décidé de soumettre le PTÉ à des bio-essais afin d'étudier son pouvoir cancérogène, mais les essais n'ont jamais été menés à terme (USDHEW, 1980). Un test effectué sur des souris a montré que le produit était cancérogène (RTECS, 1979). La documentation scientifique ne fait état d'aucune étude visant son pouvoir mutagène ou tératogène, à l'exception peut-être de NIOSH/OSHA (1981) qui signale "un risque d'effets tératogènes, si une femme enceinte est exposée au plomb tétraéthyle, et ce par analogie au méthyl-mercure". On n'a trouvé aucune monographie ni étude récente traitant de la toxicité du PTÉ.

Les données toxicologiques présentées ci-après sont extraites de sources reconnues et dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée, à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement aux cas de déversement. À l'exception des données portant sur la tératogénicité et la cancérogénicité, seules les données sur l'exposition de courte durée obtenues avec des mammifères autres que l'homme sont indiquées pour étayer l'interprétation des données relatives à l'homme, le cas échéant. Les données relatives à l'exposition au plomb ne sont en général pas incluses. Plusieurs études ont été publiées sur le plomb (WTTO, 1977; Blackwood, 1979; Harrison, 1981).

7.1 Normes d'exposition

Les normes d'exposition au plomb tétraéthyle sont basées sur ses effets sur le système nerveux central. Au Canada, les directives des provinces sont semblables à celles qui sont élaborées par l'ACGIH aux États-Unis, à moins d'indication contraire.

Teneurs maximales admissibles

Norme	Origine	Teneur	Source
	Moyenne pondérée en fonction du temps		
TLV• (8 h, peau)	USA-ACGIH	0,100 mg/m^3 (sous forme de Pb)	TLV, 1981
PEL (8 h)	USA-OSHA	0,075 mg/m^3	NIOSH/OSHA, 1981
Teneurs maximales admissibles (8 h)	Colombie-Britannique	0,1 mg/m^3 (sous forme de Pb)	B.C., 1980
Teneur moyenne	Québec	0,1 mg/m^3 (sous forme de Pb)	Québec, 1979
Teneur moyenne maximale admissible (15 mn)	Saskatchewan	0,1 mg/m^3 (sous forme de Pb)	Sask., 1981
MPT	Ontario	0,10 mg de Pb/m^3	Ont. Reg., 1981
	Exposition de courte durée		
STEL (15 mn, peau)	USA-ACGIH	0,3 mg/m^3 (sous forme de Pb)	TLV, 1981
Teneur d'exposition maximale (15 mn, pas plus de 4 fois par jour, et à condition que 60 mn séparent deux expositions)	Ontario	0,30 mg de Pb/m^3	Ont. Reg., 1981
Teneur maximale	Québec	0,3 mg/m^3 (sous forme de Pb)	Québec
Teneur admissible (15 mn maximum, peau)	Colombie-Britannique	0,3 mg/m^3 (sous forme de Pb)	B.C., 1980

Autres aspects de la toxicité pour l'homme

Notion	Origine	Teneur dangereuse	Source
IDLH	USA-NIOSH	40 mg/m^3	NIOSH, Guide, 1978
DL min.		1470 µg/kg	RTECS, 1979

7.2 Données sur l'action irritante

7.2.1 Contact avec la peau. - L'absorption de plomb tétraéthyle par la peau peut entraîner une intoxication générale. Consulter la section 7.4.4 pour des données relatives à ce type d'exposition.

Exposition	Effets	Source
Non précisée	Démangeaisons, inflammation et ampoules	Lefèvre, 1980
Non précisée	Les dérivés alcoyles liquides peuvent pénétrer dans la peau sans provoquer de lésions qui soient en rapport	USDHEW, 1977
Non précisée	Une exposition de courte durée provoque des douleurs cuisantes et des brûlures du premier degré; une exposition plus longue peut causer des brûlures au second degré	CHRIS, 1978

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Irritation possible des yeux	NIOSH/OSHA, 1981
Non précisée	Irritation des conjonctives	Lefèvre, 1980
Non précisée	Les vapeurs irritent les yeux. Le liquide brûle les yeux.	CHRIS, 1978
• CHEZ LE LAPIN		
Dans de "l'essence à haut indice d'octane" (jusqu'à 10 fois en 5 mn)	Douleurs immédiates et blépharospasme durant plusieurs minutes. Après exposition répétée, hyperémie conjonctivale et écoulements floconneux modérés, mais aucune lésion de la cornée ni de la conjonctive.	NIOSH/OSHA, 1981

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 Odeur. - Odeur caractéristique et douce d'éther à l'état pur; peut dégager une odeur nauséabonde d'ordures domestiques en présence de mercaptans. L'odeur est faible et variable (Barry, 1973).

7.3.2 Saveur. - Aucune information.

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Inhalation

Exposition	Effets	Source
	A. - Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
100 mg/m^3 (sous forme de plomb) (1 h)	Peut rendre malade.	Doc. TLV 1981
100 mg/m^3 (1 h)	Intoxication aiguë. L'apparition des symptômes peut être retardée de plusieurs jours. Les manifestations les moins graves de l'intoxication sont: insomnie, lassitude, cauchemars, état d'angoisse avec accès mélancoliques, tremblements, hyper-réflexes, contractions musculaires spasmodiques, bradycardie, hypotension, hypothermie, pâleur, nausées et anorexie. Une intoxication plus grave peut être à l'origine d'une désorientation intermittente et parfois permanente, d'hallucinations, de contorsions du visage, d'une forte hyperactivité qui requiert l'immobilisation du patient. Ces crises peuvent subitement se changer en accès maniaques ou en crises convulsives, suivis du coma et de la mort.	NIOSH/OSHA, 1981
• CHEZ LE RAT		
850 mg/m^3 (60 mn)	TL 50	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS		
650 mg/m^3 (7 h)	TL min.	RTECS, 1979
	B. - Exposition de longue durée	
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée (17,9 ans en moyenne)	Chez 592 ouvriers, les taux urinaires moyens en Pb ne dépassaient pas 180 µg/l. La mortalité dans ce groupe et dans un groupe témoin était inférieure à celle prévue pour la population en général; les causes précises du décès n'ont pu être reliées à une particularité quelconque dans l'un et l'autre groupes.	NIOSH/OSHA, 1981

7.4.2 Ingestion

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Excrétion urinaire du plomb augmentée, nausées, vomissements et mort	AAR, 1981
• CHEZ LE LAPIN		
30 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT		
17 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
17 mg/kg	Proche de la DL 50. Tous les rats exposés au PTÉ présentaient la symptomatologie suivante: irritabilité, hyperactivité, tremblements, spasticité, dos courbé, et prostration. Tous ces symptômes avaient disparu après 2 semaines	Patty, 1981
12,3 mg/kg	DL 50	Doc. TLV, 1981
11 mg/kg	DL min. pour 6 des 160 rats gravides étudiés	Sax, 1984
7,5 mg/kg	DL min. pour 12 des 140 rats gravides étudiés	Sax, 1984

7.4.3 Administration par voie sous-cutanée

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LE LAPIN		
32 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS		
100 mg/kg	DT min.	Sax, 1984
86 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979

7.4.4 Peau. - L'absorption de PTÉ à travers la peau saine a provoqué une intoxication générale. Vu que le plomb tétraéthyle pénètre à travers la peau, les teneurs fixées pour l'air ne seraient dans bien des cas pas sécuritaires (Doc. TLV, 1981).

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LE CHIEN		
547 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN		
830 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
0,7 g/kg	Dose létale	Doc. TLV, 1981
• CHEZ LE COCHON D'INDE		
995 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT		
1,03 mg/l (vapeurs de plomb tétraéthyle)	Correspondait à l'absorption d'une dose de 3,19 mg/kg (rapport d'absorption de 2 pour 4)	Bell, 1978

7.4.5 Mutagénicité, tératogénicité, cancérogénicité

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Risques d'effets tératogènes chez les femmes enceintes exposées au plomb tétraéthyle (par analogie au mercure-méthyle)	NIOSH/OSHA, 1981
• CHEZ LA SOURIS		
86 mg/kg (21 j, par intermittence)	Administration par voie sous-cutanée: DL min. avec effets cancérogènes	RTECS, 1979

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature particulière sont suivis d'une indication de source. Il est à noter que pour le plomb tétraéthyle, les symptômes peuvent ne se manifester que dans les 6 heures à 10 jours qui suivent l'exposition, dépendant de la gravité de l'intoxication (Barry, 1973).

7.5.1 Inhalation

1. Irritation des muqueuses du nez et de la gorge.
2. Sensation de brûlure.
3. Lassitude.
4. Insomnie, cauchemars (Lefèvre, 1980).

5. Pâleur.
6. Nausées.
7. Crises d'angoisse avec accès mélancoliques (NIOSH/OSHA, 1981).
8. Tremblements.
9. Hyperréflexie (NIOSH/OSHA, 1981).
10. Contractions musculaires spasmodiques (NIOSH/OSHA, 1981).
11. Hypotension.
12. Hypothermie.
13. Anorexie.
14. Bradycardie.
15. Périodes répétées de désorientation (NIOSH/OSHA, 1981).
16. Hallucinations.
17. Contorsions du visage (NIOSH/OSHA, 1981).
18. Intense hyperactivité.
19. Convulsions violentes ou accès maniaques.
20. Coma.
21. Mort.

7.5.2 Ingestion

1. Maux de tête.
2. Goût métallique (Barry, 1973).
3. Pâleur.
4. Agitation.
5. Frissons.
6. Insomnie et troubles du sommeil (Harrison, 1981).
7. Délire (Lefèvre, 1980).
8. Nausées et vomissements (AAR, 1981).
9. Tremblements et faiblesses musculaires (Harrison, 1981).
10. Convulsions.
11. Mort.

7.5.3 Contact avec la peau

1. Démangeaisons.
2. Inflammation et ampoules (Lefèvre, 1980).
3. Insomnie (AAR, 1981).
4. Excitabilité.
5. Délire (AAR, 1981).
6. Coma.
7. Mort.

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation.
2. Larmoiement.
3. Inflammation des conjonctives (Lefèvre, 1980).

7.6 Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme

La lumière solaire décompose le plomb tétraéthyle en plomb triéthyle toxique (OHM-TADS, 1981). Il peut y avoir dégagement de substances toxiques (par ex. de fumées plombifères) lors d'un incendie où il y a présence de plomb tétraéthyle (NIOSH/OSHA, 1981).

7.6.1 Plomb et plomb triéthyle. - Le plomb est soupçonné d'être cancérogène (Patty, 1981). Il fragilise les globules rouges de sorte que l'hémolyse est légèrement perturbée. De plus, le plomb endommage les organes ou les tissus avec lesquels il entre en contact (Sax, 1984). La TLV• pour le plomb est de 0,15 mg/m^3 (8 h - moyenne pondérée en fonction du temps) et de 0,45 mg/m^3 (STEL) (TLV, 1983).

Les produits de décomposition du PTÉ (c'est-à-dire plomb mono-, di-, et triéthyle) sous forme de poussières peuvent être inhalés et provoquer l'irritation des voies respiratoires supérieures, ainsi que des éternuements paroxystiques. Si ces poussières entrent en contact avec la peau humide ou les membranes oculaires, elles peuvent causer des démangeaisons et des brûlures, ou encore une rougeur passagère (USDHEW, 1977). Aucune TLV• n'est donnée pour ces dérivés du plomb (TLV, 1983).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le plomb tétraéthyle et divers agents

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
En général														
Chaleur		•												Sax, 1984
Incendie						•								Sax, 1984
Rayonnement ultraviolet			•			•							Peut se décomposer avec explosion si exposé plusieurs jours au rayonnement ultraviolet	Bretherick, 1979
Groupes de corps														
Halogènes										•			En vrac, et avec les formes de PTÉ plus pures	Ethyl Corp; Ethyl MSDS, 1972
Oxydants										•				Sax, 1984

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation d'origine a été respectée afin d'éviter toute déformation de sens; ce faisant, il a été impossible d'empêcher que n'apparaissent des divergences entre les sources d'information. En fait, les divergences au sujet de mesures qui s'appliquent à des cas particuliers ne sont qu'apparentes, l'information pouvant être correcte ou non selon la situation. Le lecteur notera que la mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. - Le plomb tétraéthyle est un liquide combustible (NFPA, 1978). Une température supérieure à 100 °C provoque la décomposition du plomb tétraéthyle et une augmentation de la pression qui peut faire éclater le récipient. Le contact du produit avec les oxydants puissants, comme le permanganate de potassium, peut donner naissance à un incendie et provoquer une explosion. Si du plomb tétraéthyle se trouve sur les lieux d'un incendie, il peut y avoir dégagement de substances toxiques, comme des fumées plombifères, des oxybromures et des oxychlorures de plomb, etc. (NIOSH/OSHA, 1981).

9.1.2 Moyens d'extinction. - Refroidir les récipients au moyen de jets d'eau pulvérisée pour empêcher qu'ils éclatent ou explosent (ERG, 1980).

Petit feu: Poudre sèche, neige carbonique, eau pulvérisée ou mousse.

Grand feu: Eau pulvérisée, brouillard d'eau ou mousse.

Retirer les récipients de la zone de l'incendie, si cela ne présente aucun danger. Demeurer à l'écart des têtes des réservoirs. En cas d'incendie majeur, utiliser des lances sur affût télécommandées ou des lances à tourelle (ERG, 1980).

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.3.1 Information générale. - Arrêter la fuite ou réduire le débit si cela ne présente aucun danger. Éliminer toute source d'inflammation. Éviter que le produit entre en contact avec la peau et ne pas inhaler les fumées ou vapeurs qu'il dégage (Ethyl MSD, 1972). Protéger l'équipe d'intervention en pulvérisant de l'eau de façon à réduire le dégagement de vapeurs (ERG, 1980; NFPA, 1978). Une mousse de fluorocarbures et d'eau peut être appliquée sur le liquide déversé pour atténuer le dégagement de vapeurs et les risques d'incendie (EPA 670/2-75-042).

9.1.3.2 Déversements sur le sol. - Dans le cas de petits déversements, absorber le produit déversé à l'aide de substances incombustibles, comme la vermiculite, le sable, etc. Ramasser à la pelle et mettre dans des récipients pouvant être fermés, en vue de l'élimination ultérieure (ERG, 1980).

Dans le cas de déversements importants, contenir si possible la nappe en mettant en place des barrières mécaniques. Avec des précautions extrêmes, aspirer le liquide à l'aide de pompes et d'autres dispositifs d'aspiration. Enlever également le sol pollué (EPA 670/2-75-042).

9.1.3.3 Déversements dans l'eau. - Contenir si possible le produit en constituant des cavités naturelles en eaux profondes, ou en érigeant des barrières de sacs de sable de façon à confiner le produit au fond de l'eau. Récupérer le produit avec des tuyaux d'aspiration (EPA 670/2-75-042).

9.1.4 Nettoyage et traitement

9.1.4.1 Déversements sur le sol. - Sur des surfaces plates comme les planchers, on recommande de procéder comme suit (Ethyl Corp.):

Surface sèche (avant le déversement) - recouvrir la zone polluée avec du naphte (solvant Stoddard) contenant 0,2 p. 100 d'iode en solution. La solution iodée se décolorera s'il y a un excès de plomb alcoyle; il faudra donc veiller à ce que le solvant contienne toujours un excès d'iode. Après 30 minutes, recueillir les résidus en vue de leur élimination. Rincer la zone traitée avec une solution de thiosulfate de sodium à 5 p. 100 et de bicarbonate de sodium pour éliminer l'excès d'iode.

Surface mouillée avant le déversement et température supérieure à 16 °C - recouvrir la zone polluée avec une solution d'acide acétique contenant 0,5 p. 100 d'iode. Enlever l'excès d'iode grâce à une solution contenant 5 p. 100 de thiosulfate de sodium et 5 p. 100 de bicarbonate de sodium.

Température inférieure à 16 °C - recouvrir la zone polluée avec une solution d'iode et d'alcool isopropylique. Pour enlever l'iode, procéder comme indiqué plus haut.

9.1.4.2 Déversements dans l'eau. - Récupérer le produit confiné au moyen de dispositifs d'aspiration. Si le produit s'est mélangé à l'eau et que la teneur de celle-ci en plomb tétraéthyle atteint 10 mg ou plus par litre, traiter la zone avec du charbon actif dans un rapport de 10 p. 100 de charbon par tonne de produit déversé. Le charbon actif sera récupéré avec des dragues ou des appareils de levage (EPA 673/2-75-042). Le calcium-EDTA est utile pour complexer le plomb (OHM-TADS, 1981).

9.1.4.3 Information générale. - Pour le traitement de l'eau polluée, on recommande la décantation des matières solides, suivie d'une filtration sur filtre bicouche et adsorption sur charbon actif (EPA 600/2-77-227). Le rapport proposé pour le charbon est de 1,0 kg pour 3,5 kg de filtrat. Traiter ensuite avec de l'hydroxyde de calcium pour précipiter le plomb, puis de l'acide chlorhydrique pour abaisser le pH à 7,0. Les eaux usées provenant du lavage à contre-courant des matériaux filtrants et du charbon actif sont retournées dans le séparateur par gravité.

9.1.5 Élimination du polluant. - Le plomb tétraéthyle recueilli ne doit *jamais* être rejeté directement dans les égouts ou les eaux de surface. Le produit peut être dissous dans un solvant inflammable, puis injecté par pulvérisation dans un incinérateur muni d'un brûleur complémentaire et d'un épurateur pour les alcalis (OHM-TADS, 1981). Les vêtements et objets souillés ainsi que les matériaux pollués (p. ex. adsorbants) seront également incinérés dans le même type d'incinérateur. Les articles en métal doivent être nettoyés à l'aide d'un solvant que l'on incinérera de la même façon que le produit recueilli.

9.1.6 Appareils et vêtements de protection. - Avant d'entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connus, il faut revêtir un scaphandre résistant aux produits chimiques et porter un appareil respiratoire isolant.

Si le produit déversé est du plomb tétraéthyle, il faut:

- Fournir au personnel d'intervention des vêtements imperméables, des gants, des visières d'au moins 20 cm, et tout autre vêtement de protection nécessaire pour prévenir le moindre risque de contact cutané avec le plomb tétraéthyle liquide non dilué, ou avec ses solutions (NIOSH/OSHA, 1981);
- Porter des lunettes anti-éclaboussures s'il y a risque de projection de plomb tétraéthyle liquide dans les yeux (NIOSH/OSHA, 1981; GE, 1979);
- Porter des gants imperméables enduits de néoprène, pour la manipulation du plomb tétraéthyle (Ethyl MSDS, 1972);
- Enlever immédiatement tout vêtement non imperméable souillé par du plomb tétraéthyle liquide non dilué, ou par ses solutions (NIOSH/OSHA, 1981). Les vêtements souillés ne devront en aucun cas être revêtus par la suite. Ils seront incinérés de préférence à tout autre mode d'élimination (CCPA, 1983).

Les appareils suivants constituent la protection minimale de l'appareil respiratoire recommandée aux personnes travaillant en présence de plomb tétraéthyle (NIOSH/OSHA, 1981).

Protection mininale de l'appareil respiratoire contre les vapeurs de plomb tétraéthyle

Situation	Équipement
Jusqu'à 0,75 mg/m^3	Respirateur à adduction d'air Appareil respiratoire isolant
Jusqu'à 3,75 mg/m^3	Respirateur à adduction d'air avec masque couvre-visage, casque ou cagoule Appareil respiratoire isolant avec masque couvre-visage
Jusqu'à 40 mg/m^3	Appareil respiratoire à adduction d'air de type C, ou alimenté par tout autre système à surpression ou pulmo-commandé/à débit constant

Au-delà de 40 mg/m^3** ou pour entrer ou évacuer d'urgence une zone dans les cas de teneurs inconnues	Appareil respiratoire isolant avec masque couvre-visage, pulmo-commandé ou alimenté par tout autre système à surpression Respirateur d'air combiné comprenant un appareil à adduction d'air de type C, avec masque couvre-visage pulmo-commandé à surpression, ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique ou pulmo-commandé/à débit constant et un appareil auxiliaire pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique
Lutte contre un incendie	Appareil respiratoire isolant avec masque couvre-visage, pulmo-commandé à surpression, ou alimenté par tout autre système à surpression
Évacuation d'urgence	Masque à gaz pour vapeurs organiques Tout appareil respiratoire isolant pour évacuation d'urgence

* Seul l'équipement approuvé par le NIOSH ou l'OSHA doit être utilisé.

** Pour assurer une protection efficace des voies respiratoires et de la peau contre les vapeurs de plomb tétraéthyle, le port d'un scaphandre avec respirateur isolant peut s'avérer nécessaire; on verra dans ce cas à ce que l'équipement soit choisi, utilisé et entretenu sous la supervision directe de personnel adéquatement formé. Lorsque la teneur en plomb tétraéthyle dépasse 40 mg/m^3, un appareil respiratoire isolant auxiliaire à surpression s'impose.

10 CAS D'ACCIDENTS

10.1 Information générale

L'information contenue dans la présente section aidera le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises en cas de déversement accidentel. Seuls des cas qui offrent un intérêt pour le lecteur figurent dans la présente section; en conséquence, le nombre de cas décrits ne traduit ni l'ampleur du problème, ni la fréquence des accidents. Toute nouvelle information pertinente sera incluse dans les éditions ultérieures, au fil des progrès réalisés dans le domaine des techniques d'intervention.

10.2 L'incident du CAVTAT (Harrison, 1980; Cleaver, 1980)

En 1974, le cargo CAVTAT transportant 274 fûts de 45 gallons de plomb tétraéthyle et un grand nombre de barils de plomb tétraméthyle entra en collision avec un autre navire en Méditerranée. Le CAVTAT coula par 95 m de profondeur, trois heures après l'accident. La cargaison se trouvait en partie sur le pont (496 fûts) et en partie dans les cales (404 fûts). Les récipients étaient en tôle d'acier de 2,5 mm, zinguée.

Des plongeurs ne furent en mesure d'examiner l'épave pour évaluer les dommages qu'une année après le naufrage. Dans l'intervalle, des essais en laboratoire et sur les lieux de l'accident avaient été effectués pour déterminer l'état probable des fûts. Les résultats des essais montrèrent que les fûts pouvaient résister à une pression de 95 m d'eau. Il semblait également qu'hormis de minuscules trous, on n'avait pas à craindre de problèmes de corrosion avant une dizaine d'années.

On a recueilli pendant deux ans des échantillons de la faune et des sédiments marins; il fut impossible d'établir quelque corrélation que ce soit entre la teneur en plomb des spécimens analysés et la proximité de l'épave. Des études à l'aide de modèles ont montré que le transfert massique de plomb à partir d'une accumulation de plomb sous l'eau s'étendrait à un rayon de 500 m au plus.

La récupération des fûts commença en 1977. Cette année-là, 495 des 496 fûts stockés sur le pont furent remontés à la surface. Deux d'entre eux avaient été gravement endommagés et s'étaient vidés; 80 fuyaient le long de la soudure des joints. Les 413 autres étaient intacts.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DU POLLUANT

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant de matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin.

Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

Pour l'analyse du plomb tétraéthyle en laboratoire, il est impératif de prendre les précautions suivantes (Ethyl MSDS, 1982):

- Tous les travaux doivent être effectués sous une hotte.
- Une solution contenant du PTÉ ne doit *jamais* être distillée ni chauffée.
- Il faut à tout prix éviter que le produit soit en contact avec la peau; il faut porter des gants en néoprène, en vinyle ou en caoutchouc à l'épreuve des acides.
- Avant sa réutilisation, toute la verrerie doit être lavée plusieurs fois dans un solvant à base de naphta, et le solvant doit être éliminé tel que décrit au chapitre 9.
- Les gants et les vêtements portés pour les travaux d'analyse ne doivent pas être réutilisés et seront détruits (voir chapitre 9 pour le mode de destruction).

11.1 Dosage du plomb tétraéthyle présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse (NIOSH, 1978). - La chromatographie en phase gazeuse, avec détecteur à photo-ionisation, permet la mesure du plomb tétraéthyle (sous forme de plomb) dans la gamme de 0,045 à 0,20 mg/m^3 (0,003 à 0,015 ppm).

Un volume connu d'air est aspiré dans un tube de verre de 10 cm sur 6 mm (diamètre externe) renfermant deux sections de résine XAD-2 de granulométrie 20/50. La section antérieure renferme 100 mg de charbon actif et est séparée de la section postérieure

contenant 50 mg de charbon par un tampon de laine de verre silanisé. On recommande de prélever un échantillon de 120 litres d'air à raison de 1 litre par minute.

Le tube de prise d'échantillon est incisé à la lime puis brisé. Le charbon du premier compartiment (100 mg) est transféré dans une fiole de 2 ml. (La section postérieure est analysée séparément.) Introduire 1,0 ml de pentane dans la fiole, et l'échantillon subit une désorption pendant 30 minutes.

Une prise d'essai de 5 µl est alors injectée dans le chromatographe à phase gazeuse équipé d'un détecteur à photo-ionisation. Le plomb tétraéthyle est dosé à l'aide d'un intégrateur électronique, des temps de rétention, et d'une courbe d'étalonnage.

Les constantes typiques du chromatographe sont généralement les suivantes: débit de l'azote (gaz porteur), 20 ml/mn; température de l'injecteur, 185 °C; température du four, 200 °C; température du détecteur, 210 °C; température de la colonne, 75 °C.

11.2 Identification du plomb tétraéthyle dans l'air (analyse qualitative)

L'échantillon est prélevé comme en 11.1.1 et soumis à une désorption. Une petite fraction de l'échantillon ayant subi la désorption est traitée avec quelques gouttes d'une solution d'hydroxyde d'ammonium 6 *M*, puis avec de l'hydrogène sulfuré gazeux. Une coloration brune révèle la présence d'un composé à base de plomb (Welcher, 1955). Une autre méthode consiste à brûler une petite quantité de l'échantillon ayant subi la désorption dans une flamme à l'aide d'un fil de platine. Une flamme de couleur orange avec une bordure verte indique la présence de plomb tétraéthyle (Merck, 1976).

11.3 Dosage du plomb tétraéthyle dans l'eau (analyse quantitative)

11.3.1 Spectrométrie d'absorption atomique (ASTM, 1979). - Cette méthode permet de doser le plomb tétraéthyle présent dans l'eau jusqu'à une teneur de 40 ppm. Prélever 1 litre au moins de l'eau à analyser dans un récipient approprié. Combiner 100 ml avec 0,5 ml d'acide nitrique concentré et ajouter 5 ml d'acide chlorhydrique concentré. L'échantillon est évaporé à environ 20 ml sous une hotte puis il est refroidi et filtré. On recueille le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml. Le filtre doit être rincé plusieurs fois, et les solutions de rinçage sont ajoutées dans la fiole jaugée. Compléter au volume avec de l'eau. L'échantillon est aspiré dans un spectrophotomètre d'absorption atomique approprié. Effectuer la lecture à la longueur d'onde de 283,3 nm, et de se reporter à la courbe d'étalonnage. Les constantes typiques d'un spectrophotomètre d'absorption atomique sont généralement les suivantes: lampe à cathode creuse en plomb ou à éléments multiples; air purifié comme comburant; acétylène comme carburant. Une ligne témoin ou de base doit être déterminée par aspiration d'une solution d'acide nitrique à 0,2 p. 100 entre les solutions étalons et les échantillons.

11.4 Identification du plomb tétraéthyle présent dans l'eau (analyse qualitative)

L'échantillon est prélevé comme en 11.3.1, mais sans acidification. Quelques gouttes de l'échantillon sont traitées avec quelques gouttes d'hydroxyde d'ammonium, puis avec du sulfure d'hydrogène. Une coloration brune révèle la présence d'un composé plombifère (Welcher, 1975).

Une autre méthode consiste à brûler une petite quantité d'échantillon dans la flamme d'un bec Bunsen à l'aide d'un fil de platine. Une flamme de couleur orange avec une bordure verte indique que l'échantillon contient du plomb tétraéthyle (Merck, 1976).

11.5 Dosage du plomb tétraéthyle dans le sol

11.5.1 Spectrophotométrie (Hesse, 1972). - Cette méthode, spécialement conçue pour le dosage du plomb, convient pour le plomb tétraéthyle. Elle permet de détecter la présence de plomb dans le sol à des teneurs de l'ordre de 0 à 1 p. p. milliard. L'intervalle de dosage peut être étendu par simple dilution.

Un échantillon de 1,0 g de sol de 0,15 mm est introduit dans un bécher de 250 ml avec 20 ml d'acide nitrique concentré. Le bécher est recouvert et chauffé à feu doux. On ajoute 10 ml d'acide perchlorique à 60 p. 100 et on fait digérer le mélange jusqu'à apparition de fumées blanches. Les parois du bécher sont lavées avec un peu d'acide perchlorique. Le mélange est digéré pendant 15 minutes pour déshydrater la silice, refroidi et dilué avec 25 ml d'eau chaude. Le mélange est ensuite filtré sur un papier-filtre Whatman 41, et le filtrat recueilli dans une fiole jaugée de 100 ml. Le résidu de silice est lavé avec de l'acide chlorhydrique 0,5 *M*, et la solution de lavage est ajoutée dans la fiole. Compléter au volume avec de l'acide chlorhydrique 0,5 *M*.

Une fraction aliquote de 50 ml du digesté est transférée dans une ampoule à décantation de 125 ml. Ajouter 5 ml d'un tampon de citrate d'ammonium préparé par dissolution de 225 g de citrate d'ammonium dans 1 litre d'eau. Le pH du tampon est ajusté à 8,5 avec 40 ml d'une solution concentrée d'hydroxyde d'ammonium. Procéder à l'extraction par addition de portions de 20 ml de solution de dithizone dans du tétrachlorure de carbone pur.

La solution de dithizone est préparée par dissolution de 0,25 g de diphénylthiocarbazone dans 1 litre de tétrachlorure de carbone pur. On ajoute 2 ml d'hydroxyde d'ammonium 0,02 *M*, puis on agite le mélange pendant 5 minutes. Rejeter la couche de tétrachlorure de carbone, soumettre la solution à une extraction par addition de portions de 50 ml de tétrachlorure de carbone pur jusqu'à ce que le produit d'extraction soit vert clair. Ajouter 500 ml de tétrachlorure de carbone et 50 ml d'acide chlorhydrique de 1,0 *M*, et agiter. Après rejet de la couche aqueuse, la couche organique est diluée à 2 litres. On ajoute 25 ml d'eau partiellement saturée d'anhydride sulfureux. Conserver la solution de dithizone dans une bouteille couleur d'ambre.

La préparation du tampon de citrate d'ammonium se poursuit de la façon qui suit. Le tampon dont le pH a été ajusté est soumis à une extraction avec d'autres portions de 20 ml de solution de dithizone jusqu'à ce que la phase organique reste verte et la phase aqueuse, orange. On procède à l'extraction de la phase aqueuse avec du tétrachlorure de carbone pur, et le pH est ajusté à 2,5 avec un volume approprié d'hydroxyde d'ammonium.

Le traitement du digesté se poursuit comme suit: après addition de 5 ml de solution de dithizone, le mélange est agité pendant 5 minutes. Rejeter la phase dithizone. On procède à l'extraction de la phase aqueuse avec cinq autres millilitres de solution de dithizone, et la phase dithizone est à nouveau jetée.

On ajoute 5 ml de la solution tampon de citrate à la phase aqueuse et, si nécessaire, le pH est ajusté à 8,5 avec de l'hydroxyde d'ammonium. Ajouter 10 ml de solution de dithizone et agiter pendant 2 minutes. Transvaser la phase dithizone dans une ampoule propre, et reprendre l'extraction de la phase aqueuse jusqu'à ce que le produit d'extraction soit vert. Les produits d'extraction sont combinés avec la phase dithizone dans l'ampoule propre; la phase aqueuse est réservée. Après addition de 25 ml d'acide chlorhydrique 0,02 *M* aux produits d'extraction combinés à la dithizone, le mélange est agité pendant 2 minutes. On jette la phase contenant la dithizone. Joindre la phase aqueuse à la précédente. Introduire 10 ml de solution de dithizone, 5 ml de solution tampon de citrate d'ammonium, 10 ml de cyanure de potassium à 10 p. 100, et suffisamment d'hydroxyde d'ammonium pour obtenir un pH de 9,3. Ce mélange est agité pendant 3 minutes. La phase du tétrachlorure de carbone est transférée dans une ampoule à décantation propre, lavée avec 50 ml d'une solution d'hydroxyde d'ammonium 0,01 *M*, et filtrée sur un tampon d'ouate dans une cellule de spectrophotomètre. L'absorbance de l'échantillon est mesurée à 520 nm. Se reporter à la courbe d'étalonnage (représentant une teneur en plomb de 0 à 1 µg/ml) et tenir compte de la valeur lue pour le témoin constitué du réactif.

11.6 Identification du plomb tétraéthyle dans le sol (analyse qualitative)

L'échantillon est digéré comme en 11.5.1. Une petite fraction de l'échantillon est brûlée dans la flamme d'un bec Bunsen à l'aide d'un fil en platine. Une flamme de couleur orange avec une bordure verte indique que l'échantillon contient du plomb tétraéthyle (Merck, 1976).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE
(Reproduction intégrale de l'édition anglaise)

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA (May, 1981).

AQC 1977: Air Quality Criteria for Lead, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB280411 (1977).

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, Philadelphia, PA, D2908-74, D1192-70, D3370 (1979).

AWQCL 1980: Ambient Water Quality Criteria for Lead, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1980).

AWQCL 1983: Ambient Water Quality Criteria for Lead, Revised Section B, Draft Report, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1983).

Barry 1973: Barry, P.S.I., "Organic Lead Alkyl Compounds", Proceedings of the Lead Seminar, held in Johannesburg, South Africa, 8-9 June 1973, NRIOD Report No. 16173 (1973).

Bell 1978: Bell, M.A. et al., Reviews of the Environmental Effects of Pollutants, VII Lead, Battelle-Columbus Laboratories for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB80-121072 (1978).

Blackwood 1980: Blackwood, T.R., D.R. Tierney and T.M. Briggs, Status Assessment of Toxic Chemicals: Lead, Monsanto Research Corp. for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB80-146376 (1980).

Blokker 1971: Blokker, P.C., Migration of Oil in Soil, presented at International Conference "Antinquinamenta 71", Milan Fair of Anti-Pollution Equipment, Report No. 9/71, Milan, Italy (November, 1971).

Botts 1977: Botts, R.P., The Short Term Effects of Lead on Domestic and Wild Animals, Corvallis Environmental Research Laboratory for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA 600/3-77-009 (1977).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

B.C. 1980: Workers' Compensation Board of British Columbia, Industrial Health and Safety Regulations, Workers' Compensation Act, Vancouver, British Columbia (July, 1980).

* CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

CCPA 1983: Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, private communication (1983).

---

* Publié également en français.

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

Cleaver 1980: Cleaver, J.W., "Dispersion of Lead Alkyls from Pools Located on the Seabed", IN Lead in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, United Kingdom (1980).

CND 1972: Cahiers de Notes Documentaires, "Plomb tétraéthyle", No. 69, pp. 439-444 (1972).

Corpus 1983: Corpus Information Services Ltd., "Tetraethyl Lead", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (July 31, 1983).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

Dillon 1982: M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada (1982).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, fourth edition, Cincinnati, OH (1981).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, MI, Brochure 178-102-72 (1972).

DPLV 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, MI (1972).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Drill 1979: Drill, S., J. Konz, H. Mahar and M. Morse, The Environmental Lead Problem: An Assessment of Lead in Drinking Water from a Multi-Media Perspective, Metrek for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1979).

* Du Pont MSDS: Du Pont Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Montréal, Québec (not dated).

Du Pont 1982: Du Pont Canada Inc., Manufacturer's Literature, Maitland, Ontario (18 January 1982).

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-77-227 (November, 1977).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

---

* Publié également en français.

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

Ethyl Corp.: Ethyl Corporation, Manufacturer's Literature, Houston, TX (not dated)

Ethyl MSDS 1972: Ethyl Corporation, Material Safety Data Sheet, Houston, TX (26 April, 1972).

Ewing 1979: Ewing, R.A., M.A. Bell and G.A. Lutz, The Health and Environmental Impacts of Lead: Assessment of the Need for Limitations, Battelle Columbus Laboratories for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB296903 (1979).

FKC 1975: Lowenheim, F.A. and M.K. Moran, Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY (1975).

Freeze and Cherry 1979: Freeze, R.A. and J.A. Cherry, Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ (1979).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA (not dated)

Grove 1980: Grove, J.R., "Investigations into the Formation and Behaviour of Aqueous Solutions of Lead Alkyls", IN Lead in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, United Kingdom (1980).

GSWQ 1980: Demayo, A., M.C. Taylor and S.W. Reeder, Guidelines for Surface Water Quality, Vol. 1, "Inorganic Chemical Substances, Lead", Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, Ontario (1980).

Harrison 1980: Harrison, G.F., "The CAVTAT Incident", IN Lead in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, United Kingdom (1980).

Harrison 1981: Harrison, R.M. and D.P.M. Laxen, Lead Pollution: Causes and Control, Chapman and Hall, London, United Kingdom (1981).

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, NY (1972).

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th edition, New York, NY (1969).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

Jones 1971: Jones, H.R., Environmental Control in the Organic and Petrochemical Industries, Noyes Data Corp., Park Ridge, NJ (1971).

JWPCF 1979: Journal of the Water Pollution Control Federation, 51, No. 6, p. 1498 (1979).

JWPCF 1981: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 53, No. 6, p. 78. (1981).

Kirk-Othmer 1981: Grayson, M. and D. Eckroth (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, Vol. 14, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1981).

* Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Maddock 1980: Maddock, B.G. and D. Taylor, "The Acute Toxicity and Bioaccumulation of Some Lead Alkyl Compounds in Marine Animals", IN Lead in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, United Kingdom (1980).

Merck 1976: Windholz, M., S. Budavari, L.Y. Stroumtsos and M.N. Fertig (eds.), The Merck Index, ninth edition, Merck & Co. Inc., Rahway, NJ (1976).

MHSSW 1976: North Atlantic Treaty Organization (NATO), Manual on Hazardous Substances in Special Wastes, Federal Environmental Agency, Waste Management Division, Berlin, West Germany (October, 1976).

* MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

NAQS 1977: National Ambient Air Quality Standard for Lead, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB82-235573 (1977).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, seventh edition, Boston, MA (1978).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC (1978).

NIOSH 1978: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, second edition, Vol. 4, S. 383, Cincinnati, OH (1978).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123 (1981).

NSF 1977: Boggess, W.R. and B.G. Wixson, Lead in the Environment, Colorado State University for the National Science Foundation, Washington, DC, PB278278 (1977).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended (1971).

---

* Publié également en français.

Ontario Reg. 1981: Ontario Ministry of Labour, Regulation Respecting Lead - Made Under the Occupational Health and Safety Act, Revised Statutes of Ontario, 1980, Chapter 321 (August, 1981).

Patty 1981: Clayton, G.D. and F.E. Clayton (eds.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, third revised edition, John Wiley and Sons Canada Ltd., Toronto, Ontario (1981).

Pierse: Pierse, R.R., "Some Cases of Interest Met Within Practice - Chronic Lead Poisoning (In Cows)", Veterinary Record, Vol. 50, p. 145 (not dated)

Québec 1979: Cabinet du Lieutenant-Gouverneur, Gazette officielle du Québec: Partie 2, Lois et règlements, L'Éditeur Officiel du Québec (Novembre, 1979).

Rolfe 1977: Rolfe, G.L. and K.A. Reinbold, Environmental Contamination by Lead and Other Heavy Metals, Vol. 1, "Introduction and Summary", Vol. 2, "Ecosystem Analysis", Vol. 3, "Distribution and Characterization of Urban Dusts", Vol. 4, "Soil-Water-Air-Plant Studies", Vol. 5, "Synthesis and Modelling", University of Illinois for the National Science Foundation, Washington, DC, PB287151 (1977).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., K. Draxl, B. Steiner and J.T. Herron, Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, DC (1977).

Rouse 1961: Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, NY (1961).

* RTDCR 1974: Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Sask. 1981: Saskatchewan Ministry of Labour, Occupational Health and General Regulations, Occupational Health and Safety Branch, Regina, Saskatchewan (May, 1981).

Sax 1984: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, sixth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario (1979).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1971).

Sussex 1977: Pedley, J.B. and J. Rylance, Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England (1977).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

---

* Publié également en français.

* TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

Thibodeaux 1979: Thibodeaux, L.J., Chemodynamics - Environmental Movement of Chemicals in Air, Water and Soil, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1979).

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, OH (1983).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

USDHEW 1977: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) No. 77-181 (1977).

USDHEW 1980: U.S. Department of Health and Human Services, First Annual Report on Carcinogens, National Toxicology Program, U.S. Public Health Service, Washington, DC (1980).

Verschueren 1984: Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Welcher 1955: Welcher, F.J. and R.B. Hahn, Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, NJ, pp. 456-457 (1955).

* WHO 1977: World Health Organization, Lead, Environmental Health Criteria, Geneva, Switzerland (1977).

Wilkinson 1982: Wilkinson, G., F.G.A. Stone and E.W. Abel (eds.), Comprehensive Organometallic Chemistry, Pergamon Press, London, United Kingdom, 2, pp. 636-642 (1982).

WQCDB-1 1970: Water Quality Criteria Data Book: Organic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 1 (1970).

WQCDB-2 1971: Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 2 (1971).

* WQS 1979: McNeily, R.N., V.P. Neimans and L. Dwyer, Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Canada (1979).

12.2 Bibliographie

Air Quality Criteria for Lead, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB280411 (1977).

---

* Publié également en français.

Ambient Water Quality Critria for Lead, Revised Section B, U.S. Environmental Protection Agency, Draft Report, Washington, DC (1983).

Ambient Water Quality Criteria for Lead, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1980).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, fourth edition, Cincinnati, OH (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, OH (1983).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, Philadelphia, PA, D2908-74, D1192-70, D3370 (1979).

Barry, P.S.I., "Organic Lead Alkyl Compounds", Proceedings of the Lead Seminar, held in Johannesburg, South Africa, 8-9 June 1973, NRIOD Report No. 16173 (1973).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA (May, 1981).

Bell, M.A. et al., Reviews of the Environmental Effects of Pollutants, VII Lead, Battelle-Columbus Laboratories for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB80-121072 (1978).

Blackwood, T.R., D.R. Tierney and T.M. Briggs, Status Assessment of Toxic Chemicals: Lead, Monsanto Research Corp. for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB80-146376 (1980).

Blokker, P.C., Migration of Oil in Soil, presented at International Conference "Antinquinamenta 71", Milan Fair of Anti-Pollution Equipment, Report No. 9/71, Milan, Italy (November, 1971).

Boggess, W.R. and B.G. Wixson, Lead in the Environment, Colorado State University for the National Science Foundation, Washington, DC, PB278278 (1977).

Botts, R.P., The Short Term Effects of Lead on Domestic and Wild Animals, Corvallis Environmental Research Laboratory for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA 600/3-77-009 (1977).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Cabinet du Lieutenant-Gouverneur, Gazette officielle du Québec: Partie 2, Lois et règlements, L'Éditeur Officiel du Québec (Novembre, 1979).

Cahiers de Notes Documentaires, "Plomb tétraéthyle", No. 69, pp. 439-444 (1972).

* Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, private communication (1983).

---

* Publié également en français.

* Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

Clayton, G.D. and F.E. Clayton, (eds.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Ltd., Toronto, Ontario (1981).

Cleaver, J.W., "Dispersion of Lead Alkyls from Pools Located on the Seabed", IN Lead in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, United Kingdom (1980).

Corpus Information Services Ltd., "Tetraethyl Lead", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (July 31, 1983).

* Demayo, A., M.C. Taylor and S.W. Reeder, Guidelines for Surface Water Quality, Vol. 1, "Inorganic Chemical Substances, Lead", Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ontario (1980).

M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada (1982).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, MI, Brochure 178-102-72 (1972).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, MI (1972).

Drill, S., J. Konz, H. Mahar and M. Morse, The Environmental Lead Problem: An Assessment of Lead in Drinking Water from a Multi-Media Perspective, Metrek for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1979).

Du Pont Canada Inc., Manufacturer's Literature, Maitland, Ontario (18 January, 1982).

* Du Pont Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Montréal, Québec (not dated)

Ethyl Corporation, Material Safety Data Sheet, Houston, TX (26 April, 1972).

Ethyl Corporation, Manufacturer's Literature, Houston, TX (not dated)

Ewing, R.A., M.A. Bell and G.A. Lutz, The Health and Environmental Impacts of Lead: Assessment of the Need for Limitations, Battelle Columbus Laboratories for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB296903 (1979).

Freeze, R.A. and J.A. Cherry, Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ (1979).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA (not dated)

---

* Publié également en français.

Grayson, M. and D. Eckroth (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, Vol. 14, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1981).

Grove, J.R., "Investigations into the Formation and Behaviour of Aqueous Solutions of Lead Alkyls", IN Lead in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, United Kingdom (1980).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

Harrison, G.F., "The CAVTAT Incident", IN Lead in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, United Kingdom (1980).

Harrison, R.M. and D.P.M. Laxen, Lead Pollution: Causes and Control, Chapman and Hall, London, United Kingdom (1981).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, NY (1972).

Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-77-227 (November, 1977).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th edition, New York, NY (1969).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

Jones, H.R., Environmental Control in the Organic and Petrochemical Industries, Noyes Data Corp., Park Ridge, NJ (1971).

Journal of the Water Pollution Control Federation, 51, No. 6, p. 1498 (1979).

Journal of the Water Pollution Control Federation, 53, No. 6, p. 78 (1981).

* Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Lowenheim, F.A. and M.K. Moran, Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY (1975).

Maddock, B.G. and D. Taylor, "The Acute Toxicity and Bioaccumulation of Some Lead Alkyl Compounds in Marine Animals", IN Lead in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, United Kingdom (1980).

---

* Publié également en français.

* McNeily, R.N., V.P. Neimans and L. Dwyer, Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Canada (1979).

National Ambient Air Quality Standard for Lead, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB82-235573 (1977).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 4, S. 383, Cincinnati, OH (1978).

North Atlantic Treaty Organization (NATO), Manual on Hazardous Substances in Special Wastes, Federal Environmental Agency, Waste Management Division, Berlin, West Germany (October, 1976).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Ontario Ministry of Labour, Regulation Respecting Lead - Made Under the Occupational Health and Safety Act, Revised Statutes of Ontario, 1980, Chapter 321 (August, 1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended (1971).

Pedley, J.B. and J. Rylance, Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England (1977).

Pierse, R.R., "Some Cases of Interest Met Within Practice - Chronic Lead Poisoning (In Cows)", Veterinary Record, 50, p. 145 (not dated)

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

* Rehau Industries Ltd., Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montréal, Québec (1978).

Rolfe, G.L. and K.A. Reinbold, Environmental Contamination by Lead and Other Heavy Metals, Vol. 1, "Introduction and Summary", Vol. 2, "Ecosystem Analysis", Vol. 3, "Distribution and Characterization of Urban Dusts", Vol. 4, "Soil-Water-Air-Plant Studies", Vol. 5, "Synthesis and Modelling", University of Illinois for the National Science Foundation, Washington, DC, PB287151 (1977).

Rosenstock, H.M., K. Draxl, B. Steiner and J.T. Herron, Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, DC (1977).

Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, NY (1961).

---

* Publié également en français.

Saskatchewan Ministry of Labour, Occupational Health and General Regulations, Occupational Health and Safety Branch, Regina, Saskatchewan (May, 1981).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, sixth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario (1979).

* Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1971).

Thibodeaux, L.J., Chemodynamics - Environmental Movement of Chemicals in Air, Water and Soil, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1979).

* Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123 (1981).

U.S. Department of Health and Human Services, First Annual Report on Carcinogens, National Toxicology Program, U.S. Public Health Service, Washington, DC (1980).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC (1978).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) No. 77-181 (1977).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Water Quality Criteria Data Book: Organic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 1 (1970).

---

* Publié également en français.

Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 2 (1971).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

Welcher, F.J. and R.B. Hahn, Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, NJ, pp. 456-457 (1955).

Wilkinson, G., F.G.A. Stone and E.W. Abel (eds.), Comprehensive Organometallic Chemistry, Pergamon Press, London, United Kingdom, 2, pp. 636-642 (1982).

Windholz, M., S. Budavari, L.Y. Stroumtsos and M.N. Fertig (eds.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, NJ (1976).

Workers' Compensation Board of British Columbia, Industrial Health and Safety Regulations, Workers' Compensation Act, Vancouver, British Columbia (July, 1980).

* World Health Organization, Lead, Environmental Health Criteria, Geneva, Switzerland (1977).

---

* Publié également en français.